

DSI 5121

变压器差动保护装置

使用说明书

北京天能继保电力科技有限公司

BEIJING SKYPOWER ELECTRIC TECHNOLOGY CO., LTD.

综　　述

北京天能继保电力科技有限公司历经三年研发推出的DSI 5000系列新型厂站综合自动化产品，是基于IEC 61850建模要求及系统解决方案的全新产品，也是面向智能电网发展需求的新产品，被列为2008年北京市《中关村科技园区中小企业创新基金》支持项目，该系列产品具有我公司多项自主创新技术，也进一步体现了我公司专注于精益求精做产品的决心和能力。

DSI 5000系列产品具有如下主要特点：

- 全面高效实现IEC 61850通讯协议

DSI 5000系列产品基于IEC 61850的面向对象的设计理念，保护和控制功能完全按照IEC 61850-7-4的要求建模，完全实现了标准开放、未来可扩展、易于升级、柔性化的系统构架。

- 领先的保护、控制功能图形可编程组态实现方法

保护和控制功能模块采用面向对象的设计和编程（OOD/OOP）方法，每个模块定时扫描执行。各模块的输入和输出通过可编程图形工具由设计人员形成连接关系，并生成配置文件，配置文件通过FTP下载到装置即生成了特定功能的产品。方便的现场可编程功能，使得非标产品可以在工程现场进行输入和输出逻辑编程，以满足特殊需求。

- 高性能的软、硬件平台

采用应用于航天工程的Vxworks实时多任务操作系统实现了对CPU的综合利用，并保证了实时任务的快速响应，以满足继电保护可靠性和快速性的要求。

CPU采用Freescale公司高性能ColdFire 32位工业级处理器，主频166MHz，外扩32M　DDR、16M Flash和2M NVRAM。支持双以太网通讯，介质可采用双绞线或光纤，协议支持IEC61850及IEC60870－5－103规约；双14位A/D转换器实现同步采样；320×240 大屏幕蓝屏液晶显示器。

- 丰富灵活的自动化功能

装置以COMTRADE格式记录故障录波数据，其中录波长度、录波内容、启动方式均可配置，最长录波时间长达20秒，并可用录波数据重复再现故障状态。

基于GOOSE信息可实现操作联锁，备自投、VQC、小电流接地选线等集中类功能分布实施完成，即可靠又减少了二次设备，也大大降低了使用维护成本。

采用软对时与对时脉冲相结合或IRIG-B编码实现GPS同步授时。

- 大屏幕、指示灯可编程的友好人机界面

友好的人机界面，装置具有大屏幕汉字液晶显示和7个按键，配有人性化操作菜单,不需说明书就能很方便操作,面板上有多达18个可编程的指示灯,满足用户的不同需求。

- 极强的的抗干扰性能

装置端子直接从插件后引出，实现了强弱电的有效隔离，提高了抗干扰能力。在国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心通过了快速瞬变4级、浪涌3级等12项EMC试验。

目　　　　录

1 概述

1.1 适用范围

DSI 5121 变压器差动保护装置适用于 110kV 及以下电压等级变电站三圈（可接四侧）主变压器作为主保护。

1.2 主要功能

- 差动速断保护；
- 比率差动保护，采用变斜率比率制动特性，具有励磁涌流闭锁（二次谐波及波形对称原理）、过励磁闭锁、TA 饱和及 TA 断线闭锁等功能；
- 高值比率差动保护，具有励磁涌流闭锁(二次谐波及波形对称原理)，保护利用其比率制动特性抗区外故障时 TA 的暂态和稳态饱和，而在区内故障 TA 饱和时能可靠正确动作；
- 比率制动式差流越限告警功能；
- TA 断线检测元件；
- 本体保护；
- 故障录波及用故障数据重复再现故障状态。

2 技术参数

2.1 额定参数

- 直流电压：220V 或 110V（订货注明)；
- 交流电流 In：5A 或 1A（订货注明)；
- 频率：50Hz。

2.2 交流回路过载能力

- 施加 1.2In～2In 装置可持续工作；
- 施加 40In 持续 1s 后无绝缘损坏。

2.3 功率消耗

- 直流电压回路：在额定电压下，正常时＜10W、动作时＜15W；
- 交流电流回路：＜0.5VA/相。

2.4 输出触点容量

触点容量：直流 220V 接通 5A（不断弧）。

2.5 工作电源

直流电源电压 220V 或 110V，允许偏差为±20%。

2.6 保护电流精确工作范围

保护电流精确工作范围：0.1In～20In。

2.7 主要技术指标

注意：以下文档中 Ie 指变压器二次侧额定电流，In 指 TA 二次额定电流。

2.7.1 差动速断保护

- 动作电流整定范围：2In～14In，级差 0.01In，误差不超过±5%；
- 动作时间：动作电流在 1.5 倍整定值下，动作时间<20ms。

2.7.2 比率差动保护

- 动作电流整定范围：0.2In～1.5In，级差 0.01A，误差不超过±5%；
- 比率差动起始斜率：0.1～0.2，级差 0.01；
- 比率差动最大斜率：0.5～0.8，级差 0.01，误差不超过±0.05；
- 动作时间：动作电流在 2 倍整定值下，动作时间<30ms。

2.7.3 高值比率差动

- 动作电流定值：内部固定为 1.2Ie，误差不超过±5%；
- 比率制动斜率：内部固定为 0.75，误差不超过±0.05；
- 动作时间：在 2 倍动作电流定值下，动作时间<30ms。

2.7.4 差流越限告警元件

- 动作电流整定范围：0.1In～1.0In，级差 0.01A，误差不超过±5%；
- 比率制动斜率：内部固定为 0.18，误差不超过±0.02。

2.7.5 励磁涌流闭锁元件

二次谐波制动系数整定范围：0.1～0.3，级差 0.01，误差不超过±0.02。

2.7.6 SOE 分辨率

SOE 分辨率不大于 2ms。

2.7.7 对时分辨率

对时分辨率：±1ms。

2.8 绝缘性能

2.8.1 绝缘电阻

装置所有电路与外壳之间绝缘电阻在标准实验条件下，不小于 100MΩ。

2.8.2 介质强度

装置所有电路与外壳的介质强度能耐受交流 50Hz，电压 2kV（有效值），历时 1min 试验，而无绝缘击穿或闪络现象。当复查介质强度时，试验电压值为规定值的 75%。

2.9 冲击电压

装置的导电部分对外露的非导电金属部分及外壳之间，在规定的试验大气条件下，能耐受幅值为 5kV 的标准雷电波短时冲击检验。

2.10 抗干扰能力

- 装置能承受 GB/T14598.13－1998 规定的严酷等级为Ⅲ级的振荡波干扰试验；
- 装置能承受 GB/T14598.14－1998 规定的严酷等级为 IV 级的静电放电干扰试验；
- 装置能承受 GB/T14598.9－2002 规定的严酷等级为Ⅲ级的射频电磁场辐射干扰试验；
- 装置能承受 GB/ T14598.10－1996 规定的严酷等级为 IV 级的电快速瞬变脉冲群干扰试验；
- 装置能承受 GB/T17626.5－1999 规定的严酷等级为Ⅲ级的浪涌干扰试验；
- 装置能承受 GB/T17626.6－1998 规定的严酷等级为Ⅲ级的射频传导干扰试验；
- 装置能承受 IEC 60255-22-7:2003 规定的严酷等级为 A 级的工频干扰试验；
- 装置能承受 GB/T17626.8－1998 规定的严酷等级为Ⅴ级的工频磁场干扰试验；
- 装置能承受 GB/T17626.9－1998 规定的严酷等级为Ⅳ级的脉冲磁场干扰试验；
- 装置能承受 GB/T17626.10－1998 规定的严酷等级为Ⅳ级的阻尼振荡磁场干扰试验；
- 装置能满足 GB/T14598.16－2002 规定的传导发射限值要求；
- 装置能满足 GB/T14598.16－2002 规定的辐射发射限值要求。

2.11 机械性能

- 工作条件：装置能承受严酷等级为 1 级的振动响应、冲击响应检验；
- 运输条件：装置能承受严酷等级为 1 级的振动耐久、冲击耐久及碰撞检验。

2.12 环境条件

- 环境温度：

工作：-10℃～50℃；

贮存：-25℃～70℃，在极限值下不施加激励量，装置不出现不可逆变化，温度恢复后装置应能正常工作；

- 大气压力：86～106kPa（相当于海拔高度 2km 及以下）；
- 相对湿度：不大于 95%，无凝露；
- 其它条件：装置周围的空气中不应含有带酸、碱、腐蚀或爆炸性的物质。

3　装置硬件

3.1　装置结构

本装置结构采用嵌入式安装方式，箱后接线；机箱为 6U、1/3×19 英寸前后插相结合的机箱结构，采用防水、防尘、抗振动设计，外壳封闭，适合安装于开关柜等环境条件较为恶劣的现场运行，机箱面板为整面板形式，面板上包括汉化液晶显示器、信号指示灯、操作键盘，采用先进的工业美学设计，美观大方，使用方便。机箱外形及开孔见图 3－1，端子具体定义见附图 3。

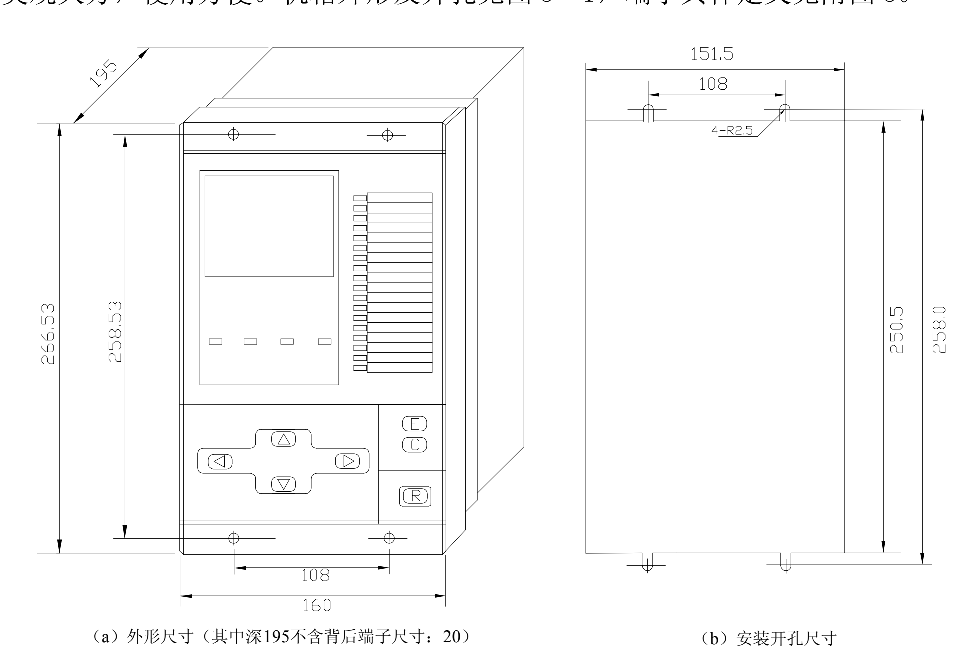


图 3－1　装置外形尺寸及安装开孔尺寸

3.2 硬件说明

本装置硬件平台包括 3 个功能插件，从左到右依次为模拟量采集及转换插件、基本 I/O 及电源插件、扩展输出及本体回路插件；另外有人机对话板、主板及背板。

3.2.1 装置硬件构成图

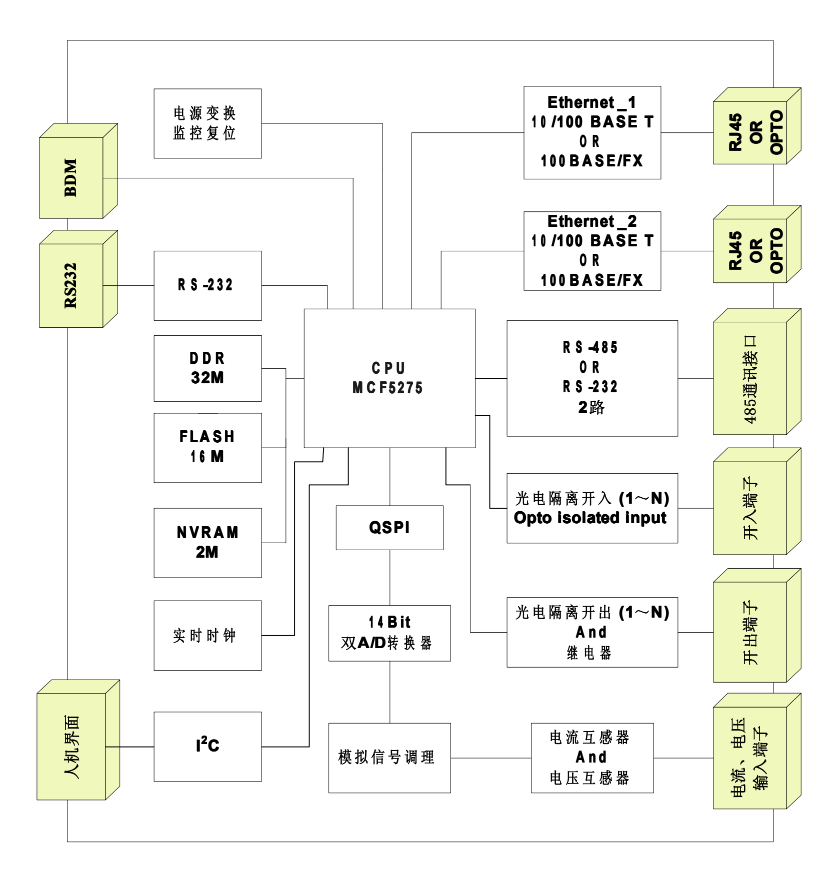


图 3－2 装置硬件构成图

3.2.2 主板

主板是整个装置的核心，CPU 采用 Freescale 公司高性能 ColdFire® V2 内核的 32 位微处理器 MCF5275，可在 166 MHz 的时钟频率下提供高达 159 MIPS 的处理能力(Dhrystone 2.1)，且低功耗。MCF5275 较先前的器件增添了一些模块:包括第二个 10/100M 以太网通讯控制模块和硬件加密模块，一个增强型乘加运算单元（eMAC），再加上 64 kB 片内静态存储器和用户可定义的 16 kB 片高速缓存（Cache），这些可以使系统性能大幅度提高而成本全面降低。

主板外扩 32M DDR 用于程序运行和临时数据存储，16M FLASH 用于存储应用程序、配置文件及录波数据等信息。2Mbytes 的 NVRAM 可以实现对录波数据、事件记录、告警记录等信息实现掉电保持；高精度的实时时钟；10/100M 自适应的双以太网支持 RJ45 或 FX100 光纤接口。

另外，主板采用了六层印制板及表面封装工艺，全自动流水线焊接，外观小巧，结构紧凑，大大提高了装置的可靠性及抗电磁干扰能力。

3.2.3 模拟量采集及转换插件

模拟量采集及转换插件完成模拟量的采集并经 A/D 转换成数字量输出供 CPU 计算用，板上设有模拟量输入变换器，用于将模拟量信号隔离变换为小电压信号，经调整后输入到 A/D，A/D 转换精度为 14 位。

当采用 ECT、EUT 实现采样值传输时，更换为智能模拟量采集插件，支持双以太网方式获得 MU 的实时数据。

模拟量采集及转换插件原理图见附图 1。

3.2.4 基本 I/O 及电源插件

基本 I/O 及电源插件提供由外部直流 220V（110V）或交流 220V 输入，3 路直流电压输出的开关电源；4 路 DC24V 的无源开关量输入、10 路 DC220V 外置的有源开关量输入。其中 24V 开关量输入用于屏（柜）内近距离信号或其它弱电压的信号采集；DC220V 有源开关量输入用于较远距离信号采集，具有更好抗干扰能力。

支持 5 路开关量输出，既可用于驱动操作回路又可用于信号输出。

3.2.5 扩展输出及本体回路插件

本插件扩展了 6 路经各种安全闭锁的开关量输出及 7 路本体开关量输出。所有开关量输出超过 5A（DC220V）的接通容量设计，使其适应多种应用。其原理图见附图 2。

3.2.6 人机对话板

人机对话板通过高分辨率的汉化液晶与 7 个操作键盘实现人机信息交互，液晶界面友好，操作便捷。同时提供 22 个 LED 指示灯，除 4 个已有明确定义外的 18 个可现场编程应用。

人机对话板采用高速串行总线与主板连接，保证了装置的可靠性。

3.2.7 背板

实现各插件之间电信号的相互连接。

4 工作原理

DSI 5121 变压器差动保护装置的保护功能采用标准功能模块可编程配置实现，拥有不同的任务优先级及扫描周期，各模块协调工作，完成本装置的所有功能。

4.1 保护启动元件（DeltaStr）

本装置设有差电流突变量启动和稳态差动电流启动元件，差电流突变量启动元件动作后保护进入故障处理程序，启动元件动作后开放保护的同时启动 QDJ 继电器，经其常开触点闭合接通出口继电器正电源。

4.1.1 差电流突变量启动元件

差电流突变量启动采用“启动元件（DeltaStr）” 模块实现。当任一相差动电流突变量（ΔI_{ad}、ΔI_{bd}、ΔI_{cd}）的最大值大于差动启动定值（I_{qdzd}）时，差电流突变量启动元件动作，而所有保护均未动作，启动元件经 0.5s 自动复归；当变压器内部有故障时，启动元件动作并自保持；当系统恢复正常所有保护均返回后，经 0.6s 后整组复归。其原理框图见图 4-1。

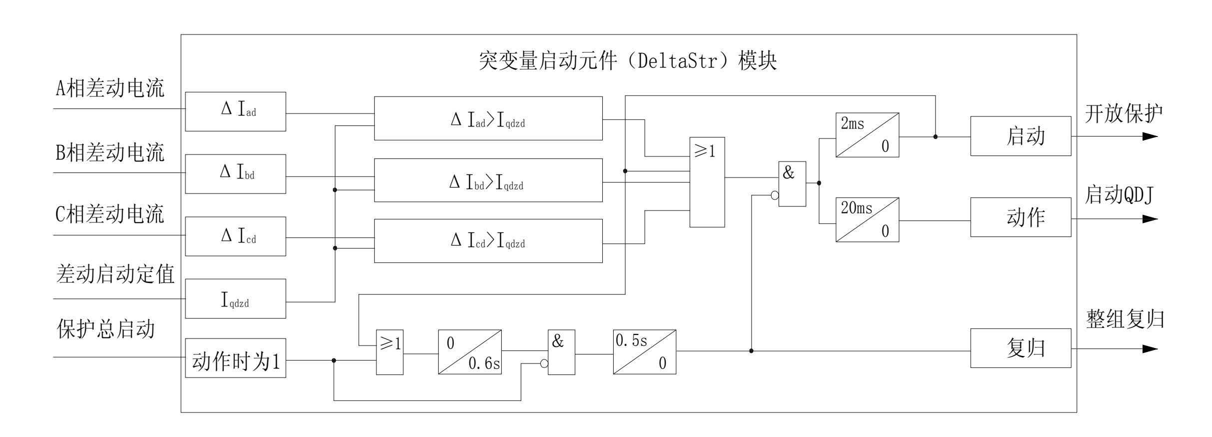


图4--1　启动元件原理框图

4.1.2　稳态差动电流启动元件

稳态差动电流启动元件动作判据为：

$$|I_{dmax}|>I_{cdqd}$$

式中：I_{dmax}—任一相差动电流最大值；

$I_d=|i_1+i_2+i_3+i_4|$；

I_{cdqd}—差动电流启动定值；

i_1、i_2、i_3、i_4—变压器各侧 TA 二次同名相电流。

4.2　差动保护动作判据

4.2.1　差动保护各侧电流平衡调整原理（BlancePhc）

差动保护动作判据中的差动电流 I_d 和制动电流 I_r 的有关运算都是在各侧 TA 二次各相电流平衡调整后的基础上进行的。装置采用“电流平衡相位调整元件（BlancePhc）模块”，实现七种变压器接线方式而采用不同的平衡调整原理，将各侧 TA 二次电流的相位和幅值进行平衡校正。

对不同接线方式的变压器，通过整定控制定值 AuCtl 选择平衡校正方程如下：

$$\left\{\begin{array}{l} AuCtl=1,\text{主变接线方式:} \\ Y12/Y12/Y12/Y12\text{平衡校正方程} \end{array}\right. \begin{cases} \dot{I}_{a1s}=\dot{I}_{a1},\ \dot{I}_{b1s}=\dot{I}_{b1},\ \dot{I}_{c1s}=\dot{I}_{c1} \\ \dot{I}_{a2s}=K_{ph2\cdot1}\dot{I}_{a2},\ \dot{I}_{b2s}=K_{ph2\cdot1}\dot{I}_{b2},\ \dot{I}_{c2s}=K_{ph2\cdot1}\dot{I}_{c2} \\ \dot{I}_{a3s}=K_{ph3\cdot1}\dot{I}_{a3},\ \dot{I}_{b3s}=K_{ph3\cdot1}\dot{I}_{b3},\ \dot{I}_{c3s}=K_{ph3\cdot1}\dot{I}_{c3} \\ \dot{I}_{a4s}=K_{ph4\cdot1}\dot{I}_{a4},\ \dot{I}_{b4s}=K_{ph4\cdot1}\dot{I}_{b4},\ \dot{I}_{c4s}=K_{ph4\cdot1}\dot{I}_{c4} \end{cases}$$

AuCtl＝2～4，主变接线方式：
AuCtl＝2 $Y_{12}/Y_{12}/Y_{12}/\Delta_{11}$
AuCtl＝3 $Y_{12}/Y_{12}/\Delta_{11}/\Delta_{11}$
AuCtl＝4 $Y_{12}/\Delta_{11}/\Delta_{11}/\Delta_{11}$
平衡校正方程

Y_{12}侧
$$\begin{cases} \dot{I}_{a1s}=\dfrac{\dot{I}_{a1}-\dot{I}_{b1}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{b1s}=\dfrac{\dot{I}_{b1}-\dot{I}_{c1}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{c1s}=\dfrac{\dot{I}_{c1}-\dot{I}_{a1}}{\sqrt{3}} \\ \dot{I}_{a2s}=K_{ph2\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{a2}-\dot{I}_{b2}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{b2s}=K_{ph2\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{b2}-\dot{I}_{c2}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{c2s}=K_{ph2\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{c2}-\dot{I}_{a2}}{\sqrt{3}} \\ \dot{I}_{a3s}=K_{ph3\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{a3}-\dot{I}_{b3}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{b3s}=K_{ph3\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{b3}-\dot{I}_{c3}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{c3s}=K_{ph3\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{c3}-\dot{I}_{a3}}{\sqrt{3}} \end{cases}$$

Δ_{11}侧
$$\begin{cases} \dot{I}_{a2s}=K_{ph2\cdot1}\cdot\dot{I}_{a2}, & \dot{I}_{b2s}=K_{ph2\cdot1}\cdot\dot{I}_{b2}, & \dot{I}_{c2s}=K_{ph2\cdot1}\cdot\dot{I}_{c2} \\ \dot{I}_{a3s}=K_{ph3\cdot1}\cdot\dot{I}_{a3}, & \dot{I}_{b3s}=K_{ph3\cdot1}\cdot\dot{I}_{b3}, & \dot{I}_{c3s}=K_{ph3\cdot1}\cdot\dot{I}_{c3} \\ \dot{I}_{a4s}=K_{ph4\cdot1}\cdot\dot{I}_{a4}, & \dot{I}_{b4s}=K_{ph4\cdot1}\cdot\dot{I}_{b4}, & \dot{I}_{c4s}=K_{ph4\cdot1}\cdot\dot{I}_{c4} \end{cases}$$

AuCtl＝5～7，主变接线方式：
AuCtl＝5 $Y_{12}/Y_{12}/Y_{12}/\Delta_{1}$
AuCtl＝6 $Y_{12}/Y_{12}/\Delta_{1}/\Delta_{1}$
AuCtl＝7 $Y_{12}/\Delta_{1}/\Delta_{1}/\Delta_{1}$
平衡校正方程

Y_{12}侧
$$\begin{cases} \dot{I}_{a1s}=\dfrac{\dot{I}_{a1}-\dot{I}_{c1}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{b1s}=\dfrac{\dot{I}_{b1}-\dot{I}_{a1}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{c1s}=\dfrac{\dot{I}_{c1}-\dot{I}_{b1}}{\sqrt{3}} \\ \dot{I}_{a2s}=K_{ph2\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{a2}-\dot{I}_{c2}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{b2s}=K_{ph2\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{b2}-\dot{I}_{a2}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{c2s}=K_{ph2\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{c2}-\dot{I}_{b2}}{\sqrt{3}} \\ \dot{I}_{a3s}=K_{ph3\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{a3}-\dot{I}_{c3}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{b3s}=K_{ph3\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{b3}-\dot{I}_{a3}}{\sqrt{3}}, & \dot{I}_{c3s}=K_{ph3\cdot1}\dfrac{\dot{I}_{c3}-\dot{I}_{b3}}{\sqrt{3}} \end{cases}$$

Δ_{1}侧同Δ_{11}

式中：i_{a1}、i_{b1}、i_{c1}—Ⅰ侧 TA 二次各相电流；

I_{a2}、i_{b2}、i_{c2}—Ⅱ侧 TA 二次各相电流；

I_{a3}、i_{b3}、i_{c3}—Ⅲ侧 TA 二次各相电流；

I_{a4}、i_{b4}、i_{c4}—Ⅳ侧 TA 二次各相电流；

I_{a1s}、i_{b1s}、i_{c1s}—Ⅰ侧相位校正后的各相电流；

I_{a2s}、i_{b2s}、i_{c2s}—Ⅱ侧向Ⅰ侧平衡调整后的各相电流；

I_{a3s}、i_{b3s}、i_{c3s}—Ⅲ侧向Ⅰ侧平衡调整后的各相电流；

I_{a4s}、i_{b4s}、i_{c4s}—Ⅳ侧向Ⅰ侧平衡调整后的各相电流。

$K_{ph2\cdot1}$、$K_{ph3\cdot1}$、$K_{ph4\cdot1}$—Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ向Ⅰ侧平衡调整系数即电压比，计算方法见图 4－2。

各侧电流平衡校正，以Ⅰ侧二次电流为基准，其它各侧各相电流分别乘以相应侧平衡系数进行平衡校正补偿。当本装置用于三侧差动时使用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ侧，同样以Ⅰ侧二次电流为基准进行平衡校正，对不同接线方式的变压器，通过整定控制定值 AuCtl 选择，见图 4—2。

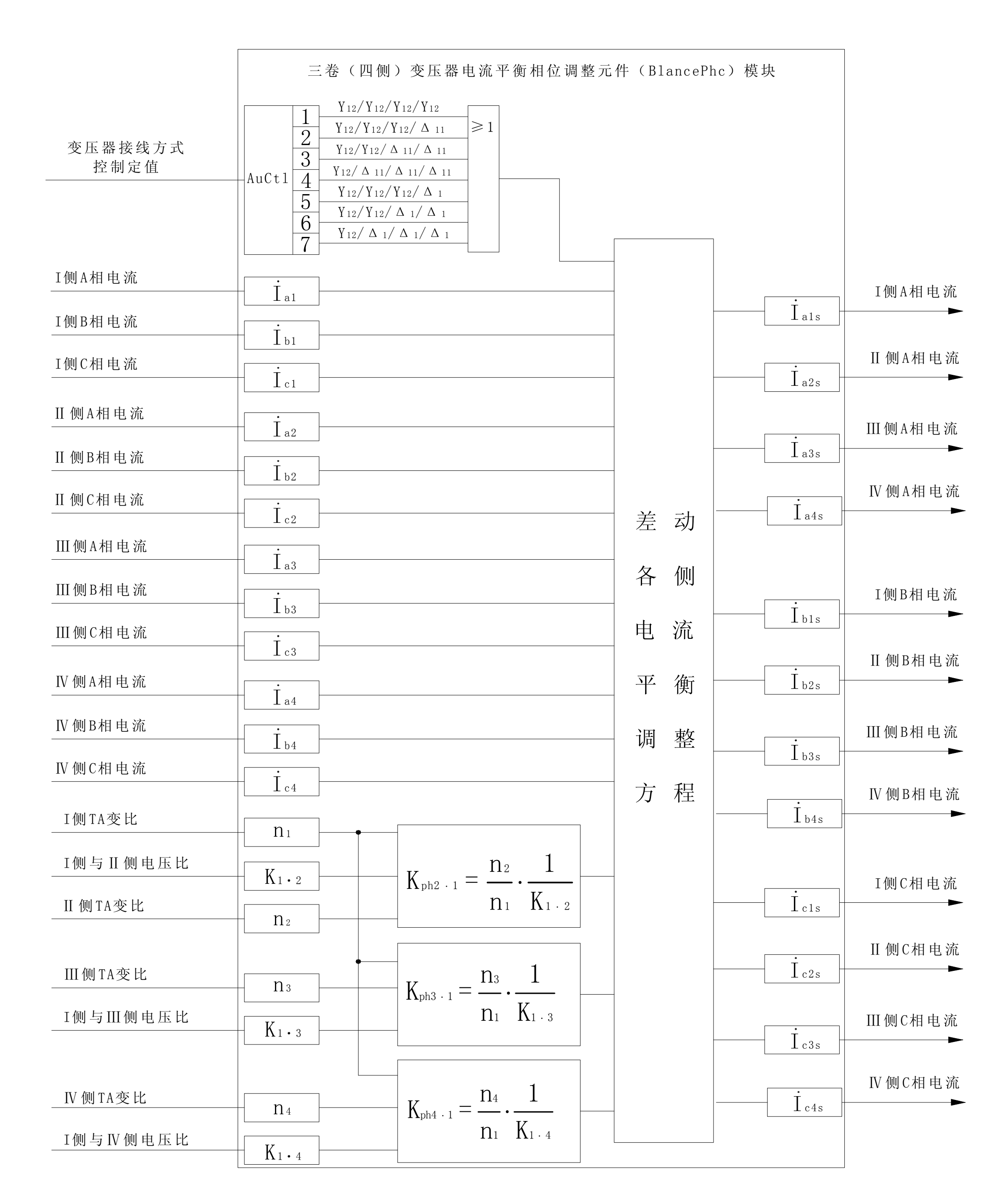


图4－2　差动保护各侧电流平衡调整原理框图

4.2.2　差动电流与制动电流

当变压器各侧 TA 二次各相电流经调平衡后，各侧电流互感器 TA 一次和二次都以母线侧为极性端进行差动电流 I_d、制动电流 I_r 的计算。

差速断、比率差动、高值比率差动保护三相差动电流（I_{ad}、I_{bd}、I_{cd}）与制动电流（I_{ar}、I_{br}、I_{cr}）

分别为：

$I_{ad}=|i_{a1s}+i_{a2s}+i_{a3s}+i_{a4s}|$ $I_{ar}=[|i_{a1s}|+|i_{a2s}|+|i_{a3s}|+|i_{a4s}|]/2$

$I_{bd}=|i_{b1s}+i_{b2s}+i_{b3s}+i_{b4s}|$ $I_{br}=[|i_{b1s}|+|i_{b2s}|+|i_{b3s}|+|i_{b4s}|]/2$

$I_{cd}=|i_{c1s}+i_{c2s}+i_{c3s}+i_{c4s}|$ $I_{cr}=[|i_{c1s}|+|i_{c2s}|+|i_{c3s}|+|i_{c4s}|]/2$

4.2.3 差动速断保护动作判据（PDIFa）

该保护功能采用“差动速断保护（PDIFa）”模块实现。

当任一相差动电流的最大值大于差动速断电流整定值（I_{sdzd}）时，不经其它闭锁条件瞬时动作跳开变压器各侧断路器。其原理框图见图 4－3。

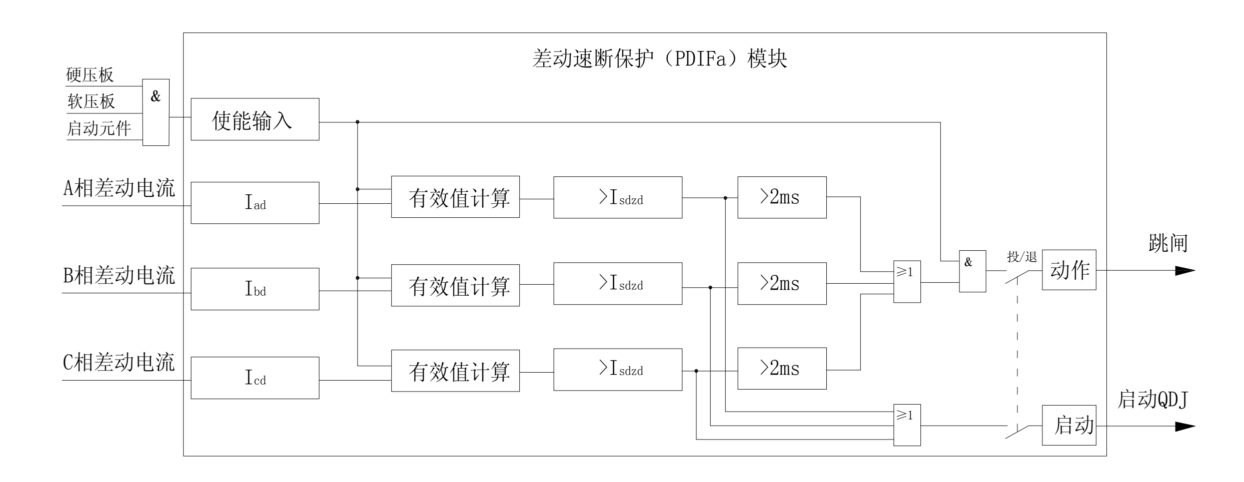


图4－3 差动速断保护原理框图

4.2.4 比率差动动作判据（PDIFb）

比率差动保护采用“差动保护（PDIFb）”模块实现。该保护采用变斜率比率制动特性，具有励磁涌流闭锁、过励磁闭锁、TA 饱和及 TA 断线闭锁等功能。其原理框图见图 4－7。

4.2.4.1 比率差动保护动作特性

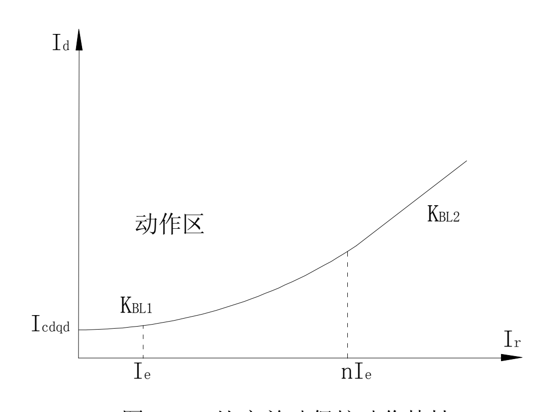


图4－4 比率差动保护动作特性

4.2.4.2 比率差动保护动作方程

比率差动保护动作方程为：

$$
\begin{cases}
I_d > K_{BL} \cdot I_r + I_{cdqd} & I_r < nI_e \\
K_{BL} = K_{BL1} + K_{BLr}(I_r / I_e) \\
K_{BLr} = (K_{BL2} - K_{BL1}) / 2n \\
I_d > K_{BL2}(I_r - nI_e) + b + I_{cdqd} & I_r \geq nI_e \\
b = (K_{BL1} + K_{BLr} \cdot n) nI_e
\end{cases}
$$

式中：I_d —差动电流；

I_r —制动电流；

I_{cdqd}—差动电流启动定值（差动电流门坎值）；

I_e —变压器 I 侧二次额定电流；

K_{BL} —比率差动制动系数；

K_{BLr} —比率差动制动系数增量；

K_{BL1} —起始比率差动斜率；

K_{BL2} —最大比率差动斜率；

n —最大斜率时制动电流倍数，装置固定为 6。

4.2.5 高值比率差动保护动作判据（PDIFb）

为防止区内严重故障时电流互感器（TA）出现饱和引起比率差动保护不能快速动作，装置除了有差速断保护外通过采用“差动保护（PDIFb）”模块实现一高制动系数和高启动定值的比率差动保护。 该保护无 TA 饱和判据，只经过励磁涌流波闭锁。利用其比率制动特性抗区外故障时 TA 的暂态饱和及稳态饱和，而在区内故障 TA 饱和时也能可靠正确的快速动作。其原理框图见图 4－7。

4.2.5.1 高值比率差动保护动作特性

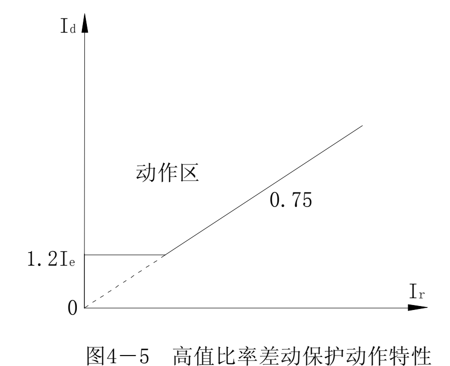


图4－5 高值比率差动保护动作特性

4.2.5.2 高值比率差动保护动作方程

高值比率差动保护动作方程为：

$$\begin{cases} I_d > 1.2I_e \\ I_d > 0.75I_r \end{cases}$$

式中：I_d、I_r—分别为差动电流、制动电流，选取同 4.2.2 规定；

I_e—变压器高压侧二次额定电流。

4.2.6 差流越限告警判据（PDIFb）

在差流报警功能投入时，满足动作判据后经 5s 延时发出差流越限报警信号。差流越限报警不闭锁差动保护，差流越限消失后经 0.5s 延时返回。其原理框图见图 4－7。

4.2.6.1 差流越限动作特性

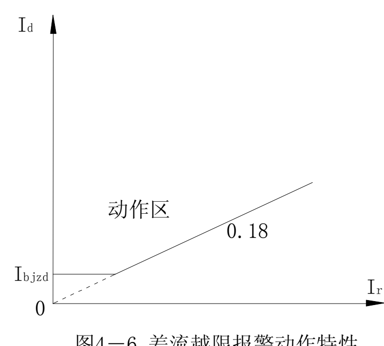


图4－6 差流越限报警动作特性

4.2.6.2 差流越限动作方程

为提高差流报警的灵敏度，装置采用比率制动差流报警判据。其动作方程式为：

$$\begin{cases} I_d > I_{bjzd} \\ I_d > K_{bj} \cdot I_r \end{cases}$$

式中：差动电流 Id 与制动电流 Ir 的选取同 4.2.2 规定；

I_{bjzd}—差流越限报警门坎；

K_{bj} —制动系数。

4.2.7 比率差动保护、高值比率差动保护及差电流越限告警原理框图框图（PDIFb）。

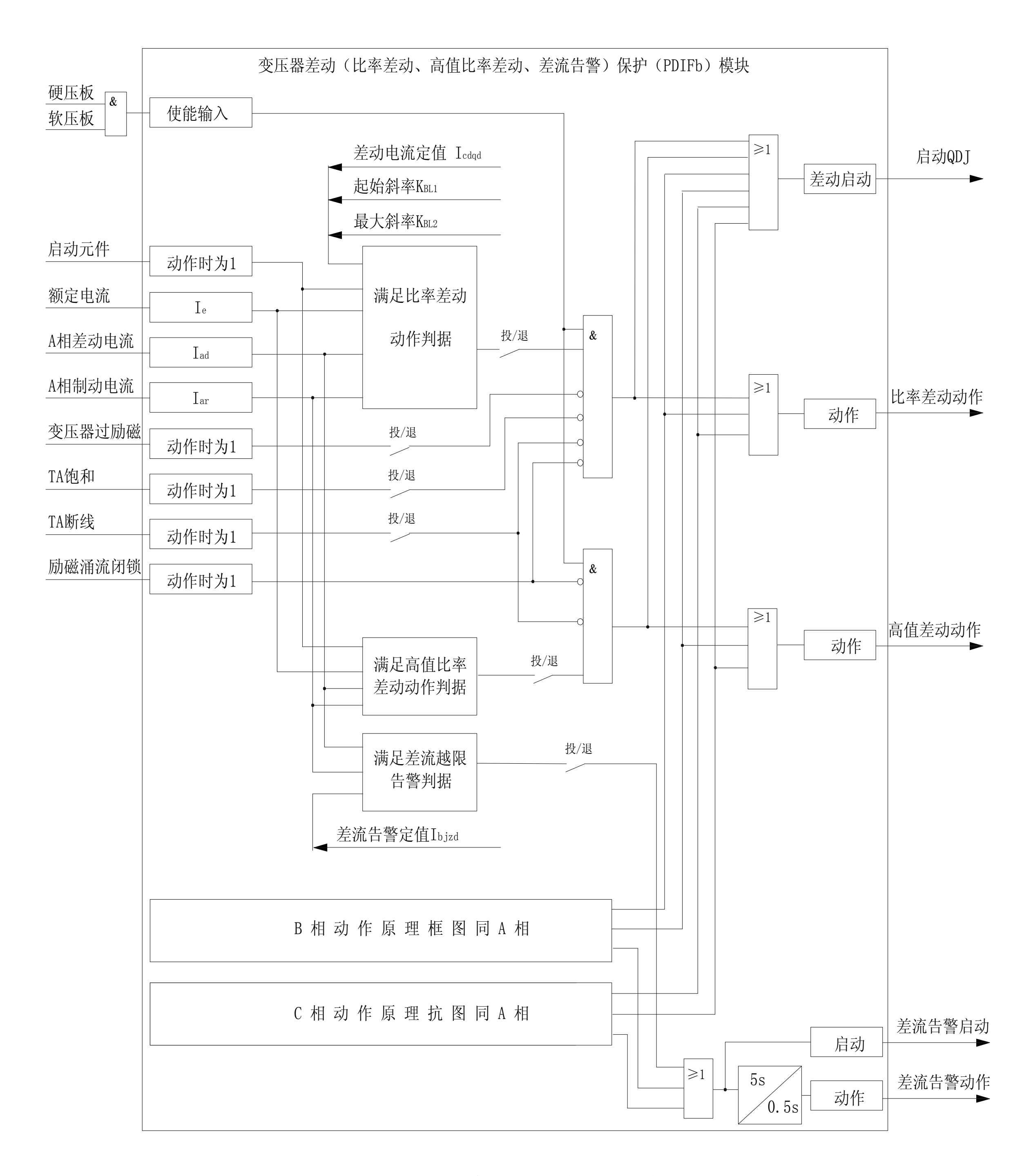


图4－7　比率差动、高值比率差动保护及差流越限告警原理框图

4.3 差动保护闭锁元件

4.3.1 励磁涌流闭锁原理

4.3.1.1 二次谐波电流闭锁元件动作判据（PHARa）

二次谐波电流闭锁元件采用“励磁涌流（PHARa）”模块实现。装置采用三相差动电流中的二次谐波与基波的比值作为励磁涌流闭锁判据。其动作方程为：

$I_{d2}>K_{2xb}\cdot I_{d1}$

式中：I_{d1}、I_{d2}—每相差动电流中的基波、二次谐波；

K_{2xb} —二次谐波制动系数定值。

程序中依次按每相判别，当任一相满足动作方程时，闭锁三相比率差动保护。

其原理框图见图 4－8。

4.3.1.2　检测差流前后半周波形对称程度识别励磁涌流(WaveSym)

故障时，差动电流 $i_d(t)$ 基本上是工频正弦波。而励磁涌时，有大量的谐波分量存在，差流波形发生畸变、间断、不对称。装置通过算法利用差流在一个周期内前、后半周波形不对称程度来识别励磁涌流。其判据为：　Ks＜0.6

式中 Ks 为波形对称系数，Ks 的表达式为：

$$Ks=\frac{\sum_{k=1}^{N/2}\min\left[\left|i_d\left(k-N/2\right)\right|,\left|i_d\left(k\right)\right|\right]}{\sum_{k=1}^{N/2}\max\left[\left|i_a\left(k-N/2\right)\right|,\left|i_d\left(k\right)\right|\right]}$$

其中，N— 一个周波采样点数；k=1、2 …、N/2；

$i_d\left(k-N/2\right)$— 前半周某一采样点的数值；

$i_d\left(k\right)$— 后半周对应点的数值。

波形对称系数 Ks 的求值方法是：取经差分滤波后一个周波的差动电流共 N 个采样值 $i_d(n)$，求出其绝对值 $|i_d(n)|$；再将前、后半周对应点逐一进行比较，其中数值较大的点构成序列 max[k]，数值较小的点构成序列 min[k]，k=1、2、…、N/2；Ks 就是序列 min[k]的和值与序列 max[k]的和值之比。

当 $i_d(t)$ 是内部故障电流时，$i_d(n)$ i_d(n)必是前、后半周接近对称，序列 min[k]和序列 max[k]差异很小，故 Ks≈1；当 $i_d(t)$ 是励磁涌流时，不论是对称性涌流还是非对称涌流，波形都是间断、前后半周不对称，序列 min[k]和序列 max[k]有较大的差异，Ks 值很小。当励磁涌流的间断角大于 180° 时，有 Ks=0。因此，判定 Ks 值的大小可识别励磁涌流还是内部故障电流。

当三相差流中的某一相满足判据（Ks＜0.6）被判为励磁涌流，闭锁三相比率差动保护。其原理框图见图 4-8。

4.3.1.3　励磁涌流闭锁原理框图

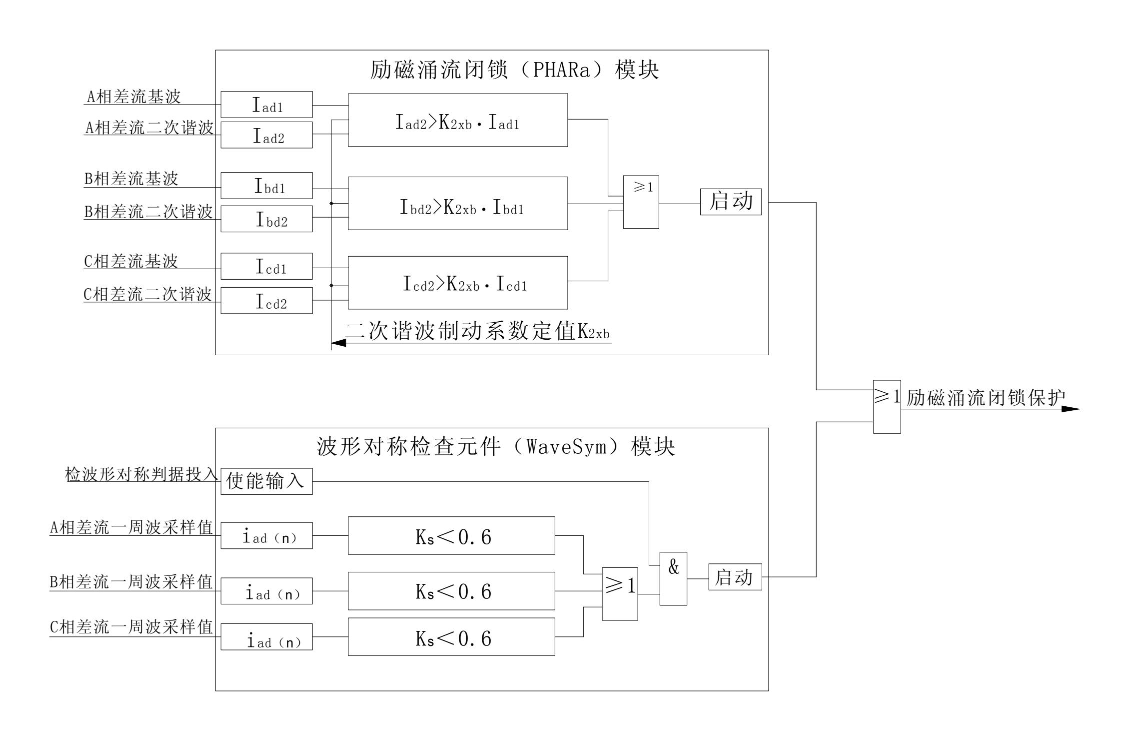


图4－8　励磁涌波闭锁原理框图

4.3.2　过励磁闭锁元件动作判据（TovExt）

过励磁闭锁元件采用“变压器过励磁检测（TovExt)”模块实现。在变压器过励磁时，变压器过励磁电流将激增，可能引起差动保护误动作。因此，在装置中采用差电流中的五次谐波与基波的比值作为过励磁的闭锁判据。其动作方程为：

$I_{d5}>K_{5xb}\cdot I_{d1}$

式中:I_{d1}、I_{d5}—分别为每相差动电流中的基波、五次谐波；

K_{5xb} —五次谐波制动系数，装置内部固定。

过励磁闭锁元件原理框图见图 4—9。

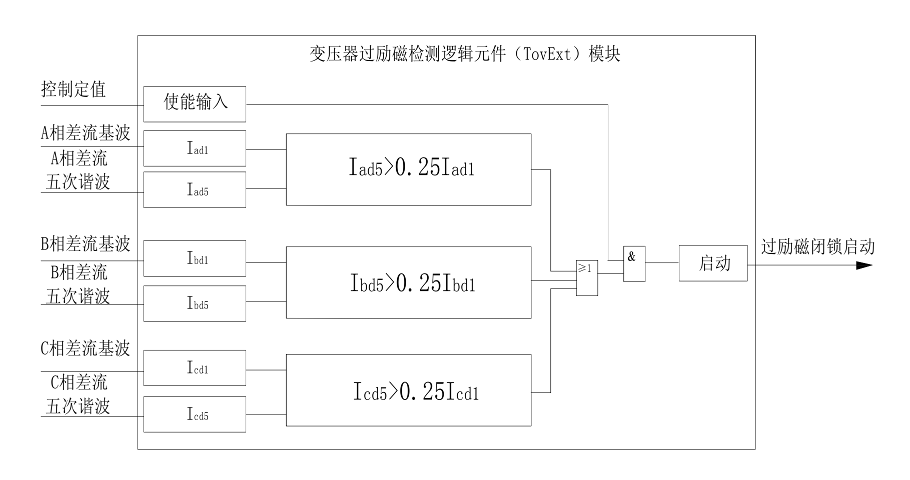


图4—9　过励磁闭锁元件原理框图

4.3.3 TA 饱和闭锁元件动作判据（TASatu）

TA 饱和闭锁元采用“TA 饱和检测（TASatu)”模块实现。为防止在区外故障时 TA 的暂态饱和（谐波分量主要是二次谐波）与稳态饱和（主要是三次谐波）时可能引起比率差动保护误动作，装置采用各相差动电流中的二次谐波和三次谐波作为 TA 饱和判据，此判据在变压器仅单侧有电流的情况下，不起作用。其动作方程为：

$$\begin{cases} I_{d2} > K_2 \cdot I_{d1} \\ OR \\ I_{d3} > K_3 \cdot I_{d1} \end{cases}$$

式中:I_{d1}、I_{d2}、I_{d3}—每相差动电流中的基波、二次谐波、三次谐波；

K_2、K_3 —二次谐波、三次谐波比例常数，装置内部固定。

故障发生时，利用差电流工频变化量和制动电流工频变化量是否同步出现，先判出是区内故障还是区外故障，如区外故障投入 TA 饱和闭锁判据，可防止 TA 饱和引起比率差动保护误动作。区内故障判据为：

$$\begin{cases} \Delta I_d > 0.2 I_e \\ \Delta I_d > 0.5 \Delta I_r \end{cases}$$

式中：ΔI_d、ΔI_r—分别为差动电流和制动电流的工频变化量；

I_e—变压器高压侧额定电流。

程序中依次按相判别，当满足 TA 饱和动作判据动作，闭锁三相比率差动保护。TA 饱和闭锁元件原理框图见图 4－10。

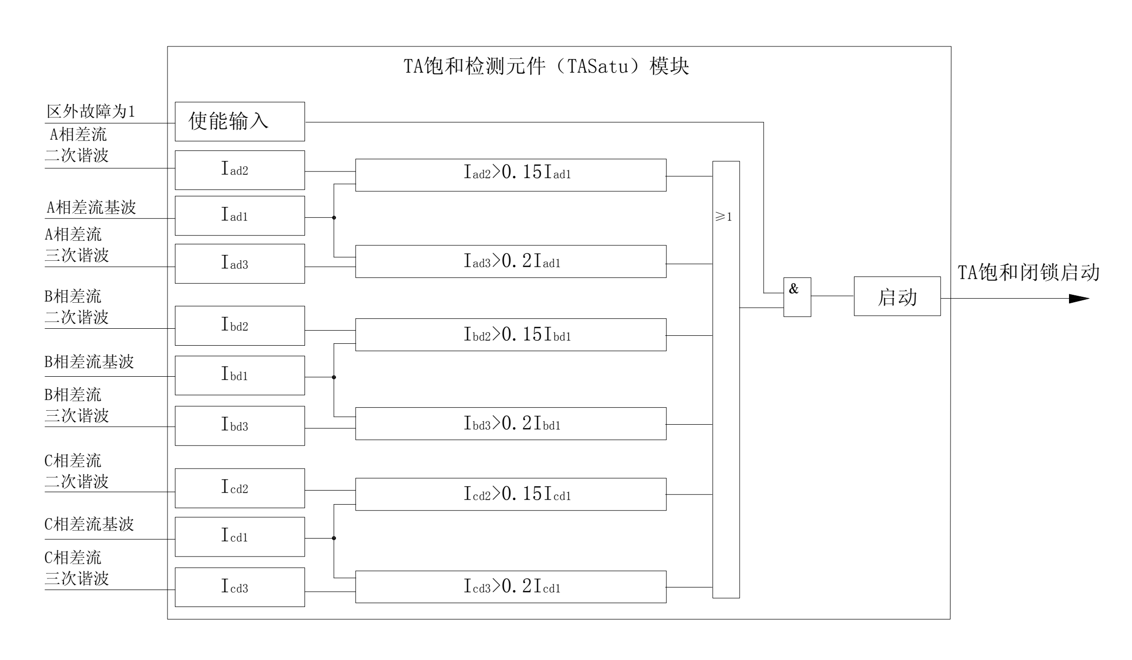


图4－10　TA饱和闭锁元件原理框图

4.3.1 TA 断线闭锁元件动作判据（TAFault）

为防止电流互感器（TA）二次侧断线可能引起比率差动保护误动，装置设有 TA 断线闭锁元件。TA 断线闭锁元件采用“变压器各侧各相 TA 断线检测（TAFault）”模块实现，并可经控制定值选择在 TA 断线时闭锁或不闭锁保护。

TA 断线判据为：当某相只有一侧电流有突变，突变量ΔI＞0.5A；突变后电流减小到原来的 0.5 倍并且小于 0.04In，则判为该相该侧 TA 断线。

在启动元件动作后，保护程序首先判别 TA 断线，当满足 TA 断线动作判据后，若此时三相差动电流小于 1.2In 时，瞬时发出闭锁保护信号，并经 2s 延时发告警信号。当启动元件返回后，若差流越限告警元件在动作状态，则 TA 断线闭锁元件仍保持在动作状态，直至差流越限告警元件返回后，TA 断线闭锁保护信号立即返回，告警信号延时 10s 返回。TA 断线闭锁元件原理框图见图 4－11。

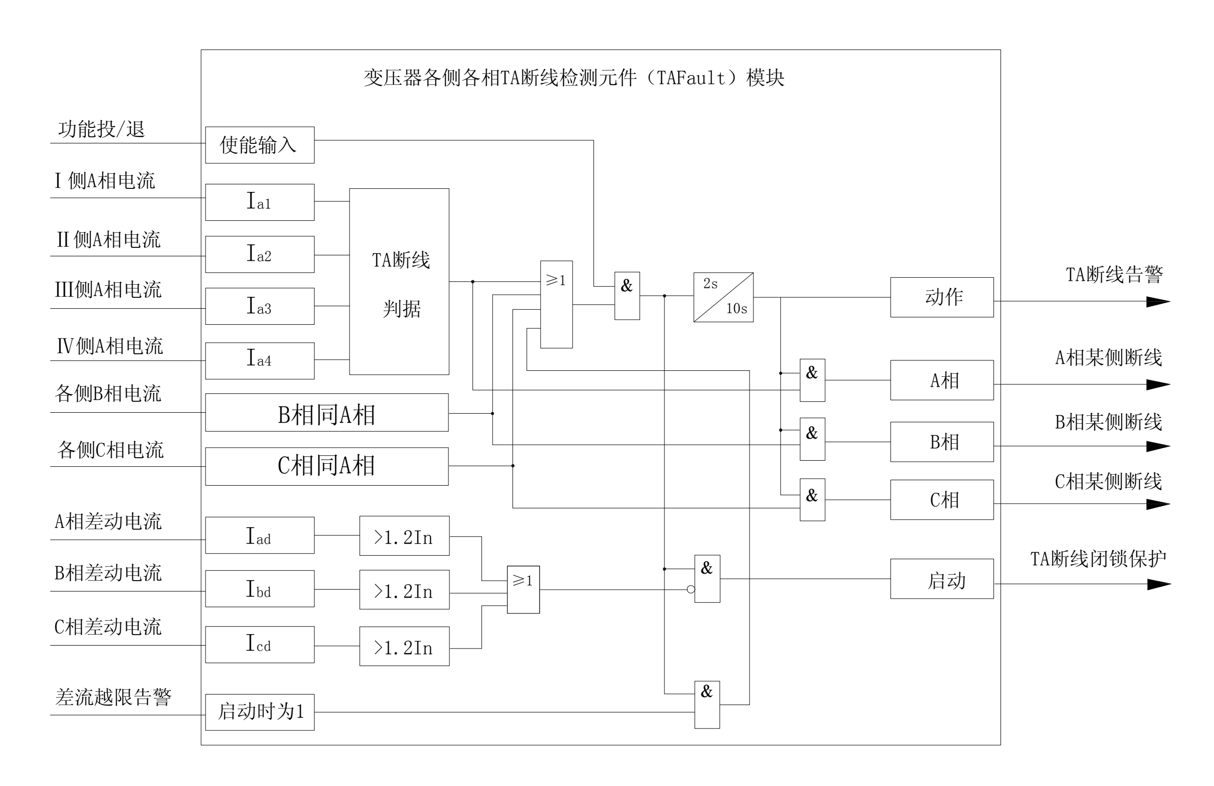


图4－11 TA断线检测元件原理框图

4.4 本体保护

本装置设有重瓦斯、调压重瓦斯、轻瓦斯、调压轻瓦斯、油温过高、压力释放、冷却器失电及油位异常共 8 路本体信号开入回路（端子 C_3～C_{10}），其中 5 个可通过硬压板接到本体跳闸回路（端子 B_1～B_6），完成本体保护跳闸重动，重动出口有 6 个独立的触点输出（端子 A_{15}～A_{16}，端子 B_7～B_{16}）。其原理接线及本体跳闸回路和出口触点见附图 2 及附图 3。

4.5 测控功能

4.5.1 测量数据

装置自互感器采集测量的各相模拟量，运用富氏算法计算各相模拟量的有效值及有关计算量，

测量数据包括的内容见表 4－1。

表 4－1：测量值清单

测 量 值 名 称		备注
Ⅰ侧三相电流	I_{a1}、I_{b1}、I_{c1}	TA 二次电流
Ⅱ侧三相电流	I_{a2}、I_{b2}、I_{c2}	
Ⅲ侧三相电流	I_{a3}、I_{b3}、I_{c3}	
Ⅳ侧三相电流	I_{a4}、I_{b4}、I_{c4}	
平衡校正后Ⅰ侧三相电流	I_{a1s}、I_{b1s}、I_{c1s}	计算值
平衡校正后Ⅱ侧三相电流	I_{a2s}、I_{b2s}、I_{c2s}	
平衡校正后Ⅲ侧三相电流	I_{a3s}、I_{b3s}、I_{c3s}	
平衡校正后Ⅳ侧三相电流	I_{a4s}、I_{b4s}、I_{c4s}	
三相差动电流	I_{ad}、I_{bd}、I_{cd}	计算值
三相制动电流	I_{ar}、I_{br}、I_{cr}	
三相 2 次谐波电流	I_{ad2}、I_{bd2}、I_{cd2}	计算值 差动电流中的谐波电流
三相 3 次谐波电流	I_{ad3}、I_{bd3}、I_{cd3}	
三相 5 次谐波电流	I_{ad5}、I_{bd5}、I_{cd5}	

4.5.2 遥信采集（GGIOa）

装置设有 14 个开关量输入，经“通用开入处理（GGIOa）”模块将采集到的输入信号量经消抖处理（经通道确认时间）后根据极性设置，输出有效的状态信号供保护、控制逻辑处理。同时当部分信号量变化后触发 SOE 报告，把相应状态值与变位时刻上传至变电站层。

14 路开关量定义见表 4－2，均为 1 有效。每位遥信（YX）极性为 0。

表 4－2：开入状态清单

序号	名称	对应端子	说明（相应位为 1）
01	遥信 1（YX_1）	C_1	信号复归开入
02	遥信 2（YX_2）	C_2	备用
03	遥信 3（YX_3）	C_3	重瓦斯开入
04	遥信 4（YX_4）	C_4	调压重瓦斯开入
05	遥信 5（YX_5）	C_5	轻瓦斯开入
06	遥信 6（YX_6）	C_6	调压轻瓦斯开入
07	遥信 7（YX_7）	C_7	油温过高开入
08	遥信 8（YX_8）	C_8	压力释放开入

续 表 4－2：开入状态清单 （完）

序号	名称	对应端子	说明（相应位为 1）
09	遥信 9（YX_9）	C_9	冷却器失电开入
10	遥信 10（YX_{10}）	C_{10}	油位异常开入
11	遥信 11（YX_{11}）	C_{12}	备用
12	遥信 12（YX_{12}）	C_{13}	备用
13	遥信 13（YX_{13}）	C_{14}	差动硬压板
14	遥信 14（YX_{14}）	C_{15}	时钟同步 开入

4.5.3 遥控（GGIOc、CSWI）

装置对远方信号复归采用常规安全的直接控制方式，当远程控制复归时装置通过 1s 的脉冲复归自保持信号灯的当前状态。

4.6 对时（TimeSyn）

装置采用软对时与对时脉冲相结合的同步授时方案，自动与对时服务器实现时钟同步并通过对时脉冲保证时间误差不大于 1ms。

4.7 故障录波（RADR、RBDR、RDRE）

故障录波的启动方式，录波长度等均可灵活设置，修改方法参见相应的技术说明书有关章节。

装置默认采用突变量启动或保护动作启动录波方式，录波长度为 20s，其中触发前 0.3s、触发后 19.7s,可完整的体现一次故障的全过程。同时录波数据以 COMTRADE 格式存于内部磁盘中，最多保存 10 组最新的故障数据。

装置支持故障再现功能，可以把本装置的录波数据或同型号的其它装置的录波数据回传到装置采集回路，使装置能完全再现故障瞬间动作特性；本功能对分析装置动作行为，改进改良保护算法与动作逻辑，以及快速的整组功能测试有巨大的帮助。

此外，装置可以通过手动录波功能实现负荷录波，便于用户分析负荷特征得到稳定运行数据。

4.8 通讯功能

装置采用 IEC 61850 标准协议实现通讯功能，遵从 IEC 61850 的实现机制和建模标准。支持双以太网通讯方式。其通讯模型及一致性声明详见相应的技术说明书及其它相关文档。

4.9 自检（GCHK）

装置自检元件（GCHK）实现对装置各硬件回路工作情况实时顺序检验，自检项目内容顺序为：CPU、RAM、NVRAM、FLASH、I^2C、人机面板接口、AD 转换回路、出口自检回路、电源自检回路、保护定值、配置参数、实时时钟电路、实时时钟电池回路、液晶、软压板及逻辑节点运行状态等上电

及实时自检。当检验出 AD 故障、定值及配置参数自检故障后，装置发装置硬件故障报告的同时启动 BSJ 闭锁出口回路;当检验出其它硬件故障时发装置硬件故障报告的同时启动 GJJ 发生告警信息。

5　使用说明

5.1　人机对话板操作说明

装置设有大屏幕汉字液晶显示和 7 个按键，配有人性化操作菜单，为用户提供了友好的使用界面。借助该界面可以很方便地浏览测量数据、报告信息、装置信息，修改定值及装置测试等功能，帮助用户及时准确地处理问题。

关键词说明：

带有数据信息的界面称数据界面，数据界面包括数据显示界面和数据修改界面，其中包含的每条信息称数据条目。无数据显示，用于索引下级数据信息的界面，称为菜单界面，其中包含的每条信息称菜单条目。当某菜单条目带有汉字反显示特性时，称该条目为当前菜单条目。当数据条目带有汉字反显示或数据位下划线显示特性时，称该数据条目为当前数据条目。当前数据条目处在汉字提示信息反显示选择状态时称该数据条目处于选择状态。当前数据条目处在数据位下划线编辑状态时称该数据条目处于编辑状态。

5.1.1　键盘功能

装置键盘见图 5－1，各功能键的含义如下：

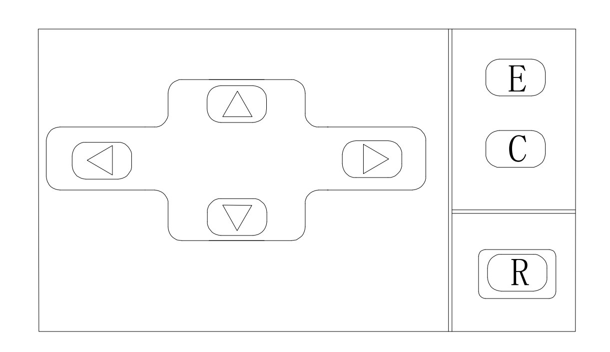


图5－1　键盘示意图

键盘功能综述：

上键：显示光标上移或数字“加”，以下简称[↑]键。

在菜单界面内时，按[↑] 键可以向上循环选择当前菜单条目。

在数据修改界面内时，当前数据条目为选择状态时，按[↑] 键可以向上循环选择当前数据条目；当前数据条目为编辑状态时，按[↑] 键可以使编辑位数据字符执行循环“加”操作。

下键：显示光标下移或数字“减”，以下简称[↓]键。

在菜单界面内时，按[↓] 键可以向下循环选择当前菜单条目。

在数据修改界面内时，当前数据条目为选择状态时，按[↓] 键可以向下循环选择当前数据条目；当前数据条目为编辑状态时，按[↓] 键可以使编辑位数据字符执行循环 “减”操作。

左键：显示光标左移，向上翻页，以下简称[←]键。

在菜单界面内时，按[←] 键可以向左选择当前菜单条目。

在数据修改界面内而且当前数据条目为选择状态时，或在数据显示界面时，按[←] 键可以向上翻页，显示上一页数据；当前数据条目为编辑状态时，按[←] 键可以控制下划线光标循环左移动到要更改的数字位上。

右键：显示光标右移，向下翻页，以下简称[→]键。

在菜单界面内时，按[→] 键可以向右选择当前菜单条目。

在数据修改界面内而且当前数据条目为选择状态时，或在数据显示界面时，按[→] 键可以向下翻页，显示下一页数据；当前数据条目编辑状态时，按[→] 键可以控制下划线光标循环右移动到要更改的数字位上。

C 键：返回上级菜单，以下简称[C]键。

在菜单界面内或数据显示界面内时，按[C] 键可以回到上级父菜单界面。

在数据修改界面内，修改数据完毕时，这时还没有固化到装置记忆存储区。**如果该数据修改界面没有上级分项数据索引菜单**，按[C] 键，就会直接弹出是否确认数据修改提示界面，这时如果按[E] 键，修改后的数据就会固化到装置记忆存储区，如果按[C] 键就会取消本次数据修改操作，回到上级菜单；**如果该数据修改界面有上级分项数据索引菜单**，按[C] 键，就会进入上级分项数据索引菜单，这时再按[C] 键，就会弹出是否确认数据修改提示界面，这时如果按[E] 键，修改后的数据就会固化到装置记忆存储区。

E 键：进入下级菜单或切换数据条目状态或数据确认修改，以下简称[E]键。

在菜单界面内时，按[E]键可以进入下级子菜单界面或下级数据界面。

在数据修改界面内时，当前数据条目为选择状态时，按[E]键切换到编辑状态，以便修改某位数据；当前数据条目为编辑状态时，按[E]键执行切换到选择状态，以便选择其它数据条目。

在确认数据修改提示界面时，按[E] 键，修改后的数据就会固化到装置记忆存储区。

R 键：复归面板保护动作信号灯，简称[R]键。

5.1.2 静态工作界面

装置上电后即进入静态工作界面，该界面主要显示主接线、测量值、时间日期等，见图 5－2。可根据现场实际情况可重新设置主接线、测量值显示的内容，下方提示行固定显示：当前时间、网络连接状态、定值组号。在任意非故障告警界面下，无键盘操作超过 2 分钟后就会自动转入静态工作界面，该界面保持约 5 分钟后背光熄灭进入屏幕保护状态，此时按任意键点亮背光，再按任意键，返回到原界面。

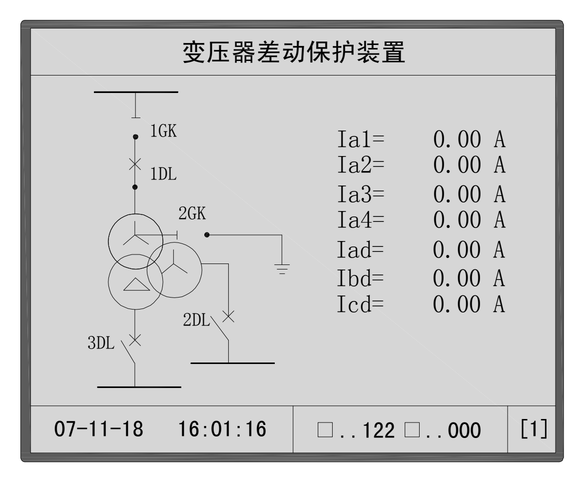


图5－2　静态工作界面

5.1.3　主菜单

主菜单见图 5－3 所示，菜单拓扑图（结构图）见图 5－4 所示。

主菜单包含 7 个选项，可通过按[↑]键、[↓]键、[←]键或[→]键在其中做循环选择当前菜单项，按[C]键返回静态工作界面，按[E]键进入当前菜单项的下一级内容，其中进入定值整定、通讯设置、装置测试、装置管理等下级菜单需输入对应于每项操作的正确密码，这些密码保存在装置管理\密码管理子菜单下，可以先查阅后再进行相关操作，所有这些密码出厂设置都为 3000，厂家保留进入装置管理\出厂设置子菜单密码。

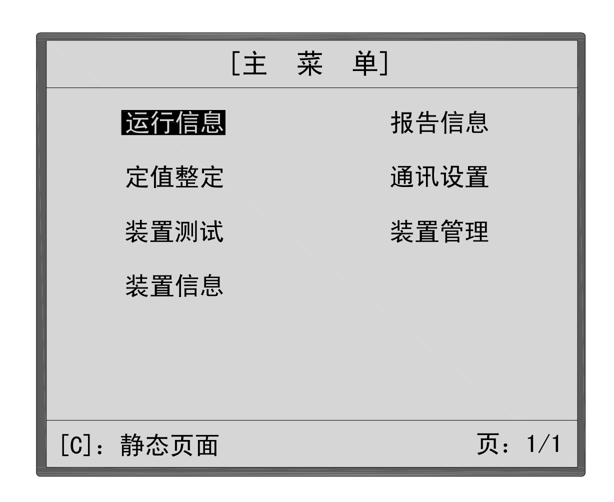


图5－3　主菜单

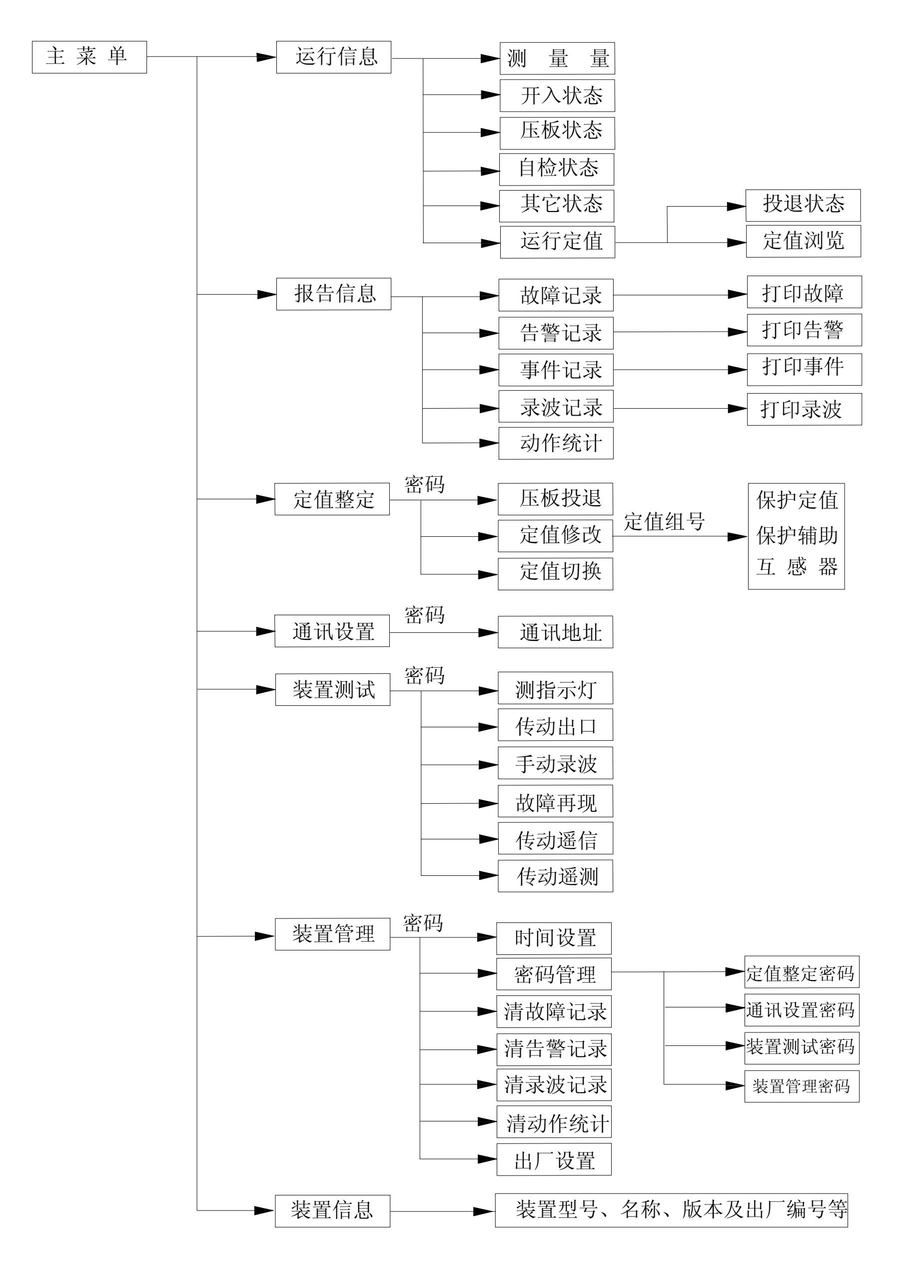


图5－4 液晶界面拓扑图

5.1.3.1 运行信息

路径提示：主菜单\运行信息，运行信息子菜单级联的子数据界面信息只用于浏览，不支持修改，可以选择显示测量一次值或二次值，其中测量量界面支持左右键上下翻页功能。

5.1.3.2 报告信息

路径提示：主菜单\报告信息，报告信息子菜单包括 5 项内容，其中故障记录用于记录系统故障引起的保护动作信息，共 32 条，该界面按时间索引显示记录信息，选择当前记录后按[E]键显示本次记录的详细信息，按[←]键或[→]键上下翻阅该次记录，按[↑]或[↓]键切换相邻记录；告警记录用于记录系统和装置本身发生的各种告警信息，共 64 条；事件记录用于各种操作控制事件信息，共 256 条。

5.1.3.3 定值整定

路径提示：主菜单\定值整定，输入密码正确，方可进入定值整定子菜单，见图 5—5。简述如下：

(1) 压板投退

路径提示：主菜单\定值整定\压板投退。压板状态修改完毕后，按[C]键进入压板投退确认界面，见图 5—6，按[E]键确认投退操作。

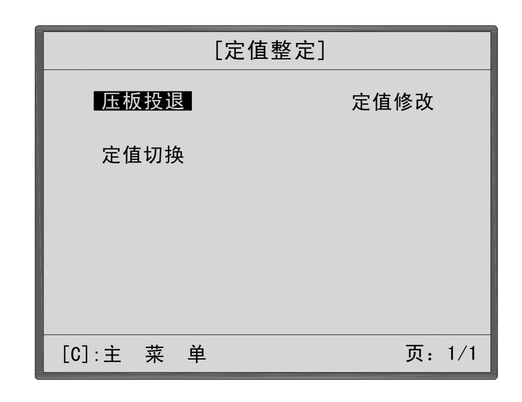


图5—5 定值整定

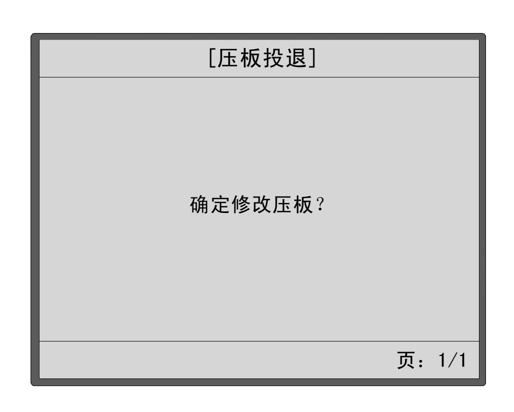


图5—6 压板投退确认界面

(2) 定值修改

路径提示：主菜单\定值整定\定值修改，首先进入运行定值组号界面，见图 5—7。输入“操作定值组号”（本装置设有 1～8 组定值）后按[E]键进入定值修改菜单，见图 5—8。该菜单包括各种保护定值、保护辅助和互感器等定值索引条目。

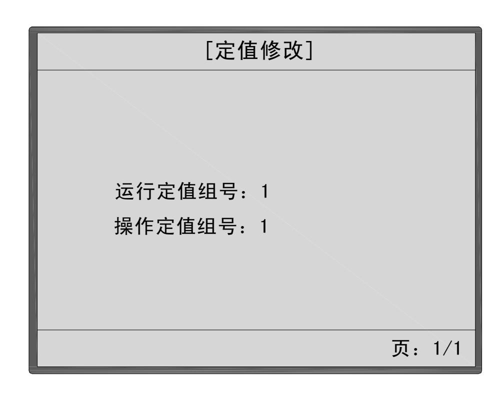


图5—7 定值组号界面

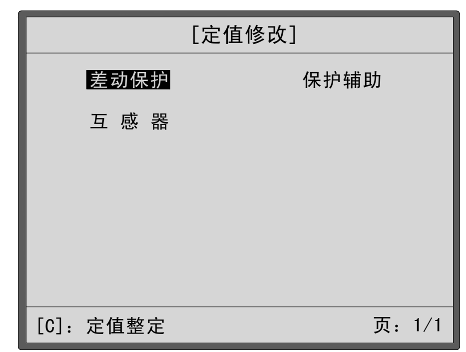


图5—8 定值修改菜单

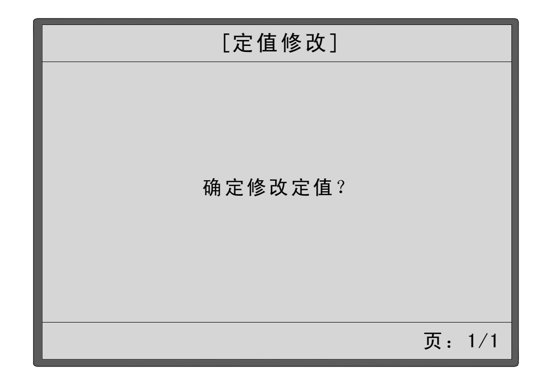


图5—9 定值修改确认界面

在定值修改菜单中选项进入某项定值数据修改界面，修改定值结束后可按[C]键返回定值修改菜单，可继续选项修改其它类型定值，修改完毕后，应返回定值修改菜单，按[C]键进入定值修改确认界面，见图 5－9，再按[E]键确认修改，这时修改后的定值才固化到装置记忆存储区。

(3)　定值切换

路径提示：主菜单\定值整定\定值切换，见图 5－10，图中显示当前运行定值组号和待切换操作定值组号，输入操作定值组号后按[E]键进入定值切换确认提示界面，按[E]键确认切换操作。

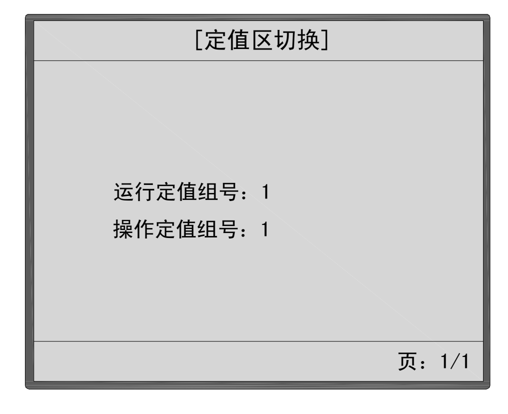


图5－10　定值区切换界面

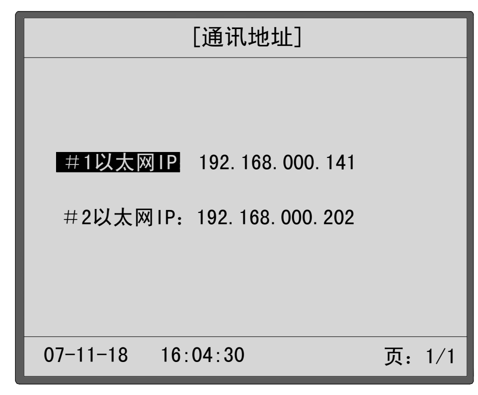


图5－11　通讯地址界面

5.1.3.4 通讯设置

路径提示：主菜单\通讯设置，输入密码正确，方可进入通讯地址界面，见图 5－11，选择当前修改项，按[E]键进入该项的第一段数据（前三个）编辑状态：输入结束后按 [E]键进入下一段数据编辑状态，按[C] 键会切换到上一段字符的编辑状态，依此类推，直至第四段，第四段修改完毕后按[E]键，进入条目选择状态，可继续选项修改，修改结束后按[C]键进入通讯地址修改确认界面，按 [E]键确认修改。

5.1.3.5 装置测试

路径提示：主菜单\装置测试，输入密码正确，方可进入装置测试菜单，见图 5－12。

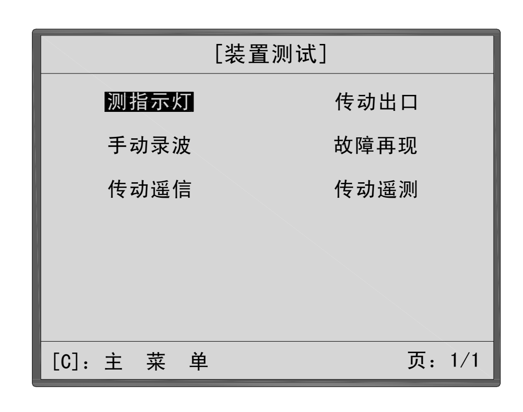


图5－12　装置测试菜单

（1） 测指示灯

路径提示：主菜单\装置测试\测指示灯，按键进入后，该界面显示：测指示灯操作中…，此时，面板右侧 18 个指示灯和液晶下面的异常灯应顺序点亮，每灯点亮时间约 1s，当最后异常灯点亮且熄灭后显示：测指示灯操作结束!。



图5－13 传动出口界面

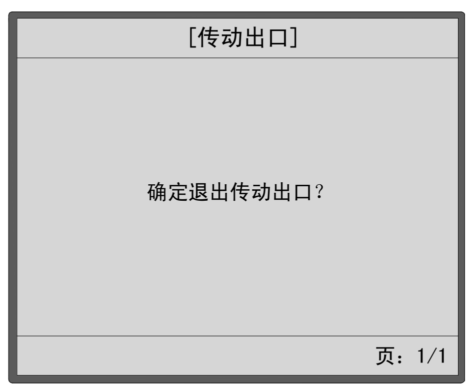


图5－14 退出传动出口确认界面

（2） 传动出口

路径提示：主菜单\装置测试\传动出口，见图 5－13。**在该界面下，面板右侧 18 个指示灯和下方异常灯均闪烁，提示装置进入试验状态，保护功能退出。**界面分条显示出口名称和对应端子号，选择传动条目，按[E]键切换为编辑态，按[↑]或[↓]键改变出口状态，再按[E]键输出该状态，该状态保持时间约 1 秒钟后返回，当该条目切换为选择状态时，可继续进行选项传动试验。**传动试验结束后，应按[C]键进入退出传动出口确认界面，**见图 5－14，**按[E]键确认后返回装置测试界面，这时所有闪烁的指示灯均熄灭，保护功能恢复。**

（3） 手动录波

路径提示：主菜单\装置测试\手动录波，该界面显示：确定手动启动录波？，此时按[E]键，即启动手动录波。

（4） 故障再现

路径提示：主菜单\装置测试\故障再现，该界面按条显示每次故障录波发生的时间。按[↑]键或[↓]键选择故障再现条目，按[E]键进入该次故障再现方式选择界面，见图 5—15，按[↑] 键或[↓]键选择故障再现内容，按[E]键切换为下一条的编辑态，直至切换为下方“确认”字符条的反显状态。按[C]键返回到上一条的编辑态；按[E]键进入故障再现确认提示界面，见图 5—16。再次按[E]键确认操作，则显示：故障再现操作中…，经约 20s 后自动显示：故障再现完毕。

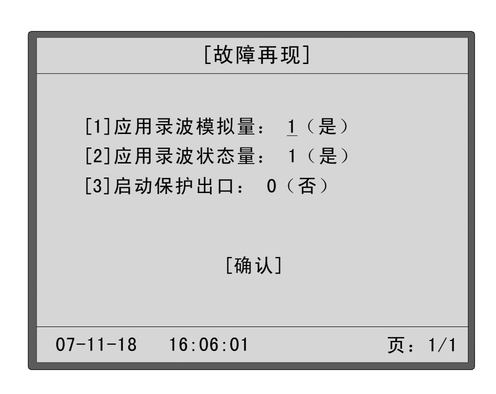


图5－15 故障再现内容选择界面

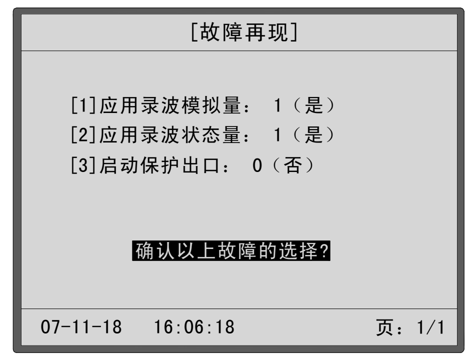


图5－16 故障再现确认界面

（5） 传动遥信

当采用传统的通信规约实现远方调度通讯时，可通过传动遥信界面的手动置数检验装置开入量、保护动作状态等与远方调度端状态定义的一致性。

路径提示：主菜单\装置测试\传动遥信，见图 5－17，**在该界面下，保护功能退出，面板灯闪烁状态同传动出口，操作方法参考传动出口。**



图5－17 传动遥信界面

（6） 传动遥测

当采用传统的通信规约实现远方调度通讯时，可通过传动遥测界面的手动置数检验装置从互感器采集的测量量及计算量等与远方调度端数据定义的一致性。

路径提示：主菜单\装置测试\传动遥测（无测量功能的装置不显示该界面）。**在该界面下，保护功能退出，面板灯闪烁状态同传动出口，操作方法参考传动出口。**

5.1.3.6 装置管理

路径提示：主菜单\装置管理，输入密码正确，方可进入装置管理子菜单。

（1） 时间设置

路径提示：主菜单\装置管理\时间设置。该界面不支持[←]键或[→]键选项。

（2） 密码管理

路径提示：主菜单\装置管理\密码管理，见图 5－18，用于查阅或修改各种操作密码。

其中定值整定密码界面见图 5－19。首行显示当前密码，输入新密码后按[E]键直接切换到“再次输入新密码”条目的编辑态，输入相同的新密码。修改结束后按 [E]键进入定值整定密码确认界面。按[E]键确认修改，其它密码修改方法参考修改定值整定密码。

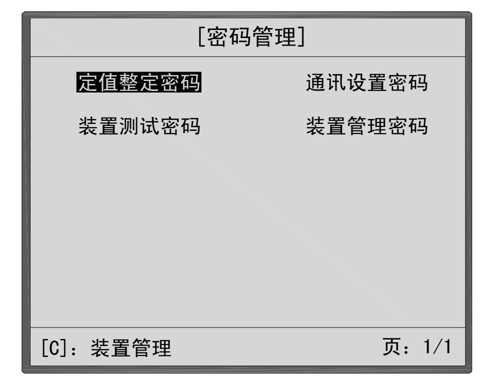


图5－18 密码管理菜单

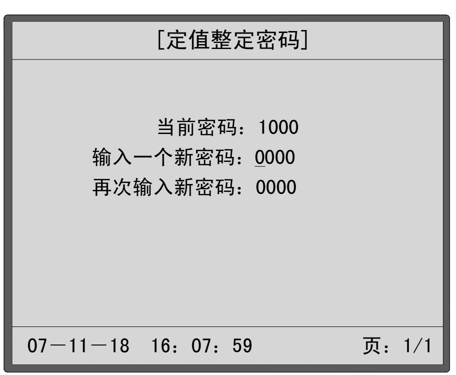


图5－19 定值整定密码界面

（3） 清故障记录

路径提示：主菜单\装置管理\清故障记录进入清故障记录确认界面，按[E]键确认清故障记录。

清告警记录、清录波记录、清动作统计操作方法与清除故障记录操作方法类同。

（4） 出厂设置

路径提示：主菜单\装置管理\出厂设置，装置出厂时已设置好该项，如需重新设置应由我公司专业工程师完成。

5.1.3.7 装置信息

路径提示：主菜单\装置信息，从该界面可查阅本装置的型号、名称、硬件版本、软件版本、配置文件版本等。

5.2 保护定值说明

5.2.1 保护软压板清单

表 5－1 DSI 5121 保护软压板清单

序 号	压板名称	投退选择
01	差速断压板	0：退出，1：投入
02	比率差动、高值比率差动压板	0：退出，1：投入

5.2.2 保护定值清单

表 5－2 为保护装置所有保护功能可整定的定值，为了简化实际应用，工程不需要的保护功能在出厂时已经关闭，则相应的定值项不再出现在人机界面中并无需整定，固定为退出状态和默认定值。

表 5—2　DSI 5121 保护定值清单

保护类型	保护名称	定值名称	整定范围	整定级差
差动保护	差动速断	功能投退	0：退出，1：投入	
		差动速断定值	2Ie～14Ie	0.01A
	比率差动保护 高值比率差动 差流告警	比率差动投退	0：退出，1：投入	
		高值比率差动投退	0：退出，1：投入	
		差流告警投退	0：退出，1：投入	
		TA 饱和闭锁	0：退出，1：投入	
		TA 断线闭锁	0：退出，1：投入	
		过激磁闭锁	0：退出，1：投入	
		差动启动值	0.2In～1.5In	0.01A
		起始斜率	0.1～0.2	0.01
		最大斜率	0.5～0.8	0.01
		差流告警	0.1In～1.0In	0.01A
保护辅助	保护公用定值	二次谐波制动系数	0.1～0.3	0.01
		突变量启动定值	0.2A～5.0A	0.01A
		Ⅰ侧额定电流	1.0～5.0A	0.01A
		Ⅰ、Ⅱ侧电压比	1～50	1
		Ⅰ、Ⅲ侧电压比	1～50	1
		Ⅰ、Ⅳ侧电压比	1～50	1
		平衡校正控制定值	1～7	1
		TA 断线投退	0：退出，1：投入	
		波形对称程度投退	0：退出，1：投入	
		变压器过激磁投退	0：退出，1：投入	
互感器	Ⅰ侧电流	变比	1～600	1
	Ⅱ侧电流	变比	1～600	1
	Ⅲ侧电流	变比	1～600	1
	Ⅳ侧电流	变比	1～600	1

5.2.3　保护主要定值整定原则

5.2.3.1 差动速断保护定值整定原则

差动速断保护的动作电流应按变压器空载合闸时有最大励磁涌流时不误动作为整定原则。对于大容量变压器，还应考虑外部短路或非同期合闸时可靠不误动。一般可按下式整定计算：

$I_{cdsd} = K_K \cdot K \cdot I_e$

式中：K_k—可靠系数，一般取 1.2～1.3；

K —励磁涌流倍数，与变压器额定容量和系统等值电抗大小有关，K 的推荐为：

6300kVA 及以下 K＝7～12；

6300kVA～31500 kVA K＝5～7；

40000kVA～120000 kVA K＝3～6。

变压器额定容量越大和系统等值电抗越大，则 K 值应取较小值；

I_e—变压器额定电流.

5.2.3.2 比率差动保护

（1） 差动电流起动定值 I_{cdqd} 的整定

I_{cdqd} 为差动保护最小动作电流值，应按躲过正常运行变压器额定负载时的最大不平衡电流整定，整定计算公式为：

$I_{cdqd}=K_k(K_{er}+\Delta u+\Delta m)I_e$

式中：I_e —变压器高压侧二次额定电流；

K_k —可靠系数，一般取 1.3～1.5；

K_{er}—电流互感器的比误差，一般 10P 型取 0.03×2，5P 型 TP 取 0.01×2；

Δu—变压器调压引起的误差，取调压范围中偏离额定值的最大值（百分比），一般取 0.05～0.1；

Δm—电流互感器变比未完全匹配产生的误差，一般取 0.05。

在工程实用整定计算中可选取 $I_{cdqd}=(0.2\sim0.5)I_e$，并应躲过实测最大负载时差回路中的不平衡电流。

（2） 比率制动系数的整定

- 变斜率比率差动起始斜率 K_{bL1} 整定计算公式为：

$K_{BL1}=K_k\cdot K_{er}$

式中：K_k —可靠系数，一般取 1.2～1.5；

K_{er}—电流互感器的比误差系数，一般取 0.05～0.1；

在工程实用整定计算中可选取 K_{BL1}＝0.1～0.15。

- 变斜率比率差动最大斜率 K_{BL2} 整定计算公式为：

$$\begin{cases} K_{BL2} = \left(I_d - I_{cdpd} - 3K_{BL1}I_e\right)/\left(I_r - 3I_e\right) \\ I_d = K_k\left[K_{ap}\cdot K_{cc}\cdot K_{er}\cdot I_{k.\max} + \left(\Delta u_h + \Delta m_h\right)I_{kh.\max} + \left(\Delta u_m + \Delta m_m\right)I_{km.\max}\right] \\ I_r = I_{k.\max} \end{cases}$$

式中：I_d—变压器外部短路时的不平衡电流（即差动电流）；

$I_{k\cdot max}$—为低压侧外部短路时最大穿越短路电流周期分量（二次值）；

$I_{kh.max}$、$I_{km.max}$—计算 $I_{k.max}$时，流过高、中压侧的短路电流（二次值）；

K_k—可靠系数，一般取 1.2～1.3；

K_{ap}—非周期分量系数，两侧同为 TP 级电流互感器取 1.5；两侧同为 P 级电流互感器取 2.0；

K_{cc} —电流互感器同型系数，取 1.0；

K_{er} —电流互感器比误差系数，取 0.1；

Δuh、Δum —变压器高、中压侧调压引起的误差，取调压范围中偏离额定值的最大值（百分比），一般取 0.05～0.1；

Δmh、Δmm —电流互感器变比未完全匹配产生的误差，一般取 0.05。

注：当 $I_{k\cdot max}$＜6I_e时 ，取 $I_{k\cdot max}$＝6I_e进行计算 K_{BL2}定值。

在工程实用整定计算中可选取 K_{BL2}＝0.7。

（3） 灵敏度（灵敏系数 K_{sen}）校验

比率差动灵敏系数（K_{sen}）应按最小运行方式下差动保护区内变压器引出线上两相金属性短路计算。根据计算的最小短路电流 $I_{k\cdot min}$（即最小差动电流）和相应的制动电流 I_{res}，在动作特性曲线上查得对应的动作电流 I_{op}，则灵敏度（灵敏系数 Ksen）应满足：

K_{sen}＝$I_{k\cdot min}/I_{op}$≥2

当计算的制动电流 I_{res}＞2I_e时，可不进行灵敏度校验；当 I_{res}＜2I_e时，可经比率差动保护动作方程计算出 Ir_{es}对应的动作电流 I_{op}，进行灵敏度校验。I_{op}的计算公式为：

$$\begin{cases} I_{op} = K_{BL}\cdot I_{res} + I_{cdqd} \\ K_{BL} = K_{BL1} + \left[(K_{BL2} - K_{BL1})/12\right](I_{res}/I_e) \end{cases}$$

(4) 二次谐波制动比的整定

在利用二次谐波来防止励磁涌流误动的差动保护中，二次谐波制动比表示差电流的二次谐波分量与基波分量的比值。一般二次谐波制动比可整定 0.15～0.20。

5.3 调试说明

本装置及其所组屏柜出厂前都经过严格的保护功能、动作逻辑、辅助功能及例行检测等试验，证明保护性能的完好和接线的正确。辅助功能试验包括通信、操作显示界面等内容；例行试验包括

装置或屏柜的绝缘、耐压、抗干扰及老化试验等内容。另考虑到本装置具有软硬件自检功能，可将故障部位准确定位到芯片；交流采样回路无可调元件，其精度由出厂调试保证。故现场安装调试首先检查运输和安装时是否有损坏、装置和屏柜对外部接线及与其他相关设备的联系等内容是否正确；着重校验保护定值、装置的状态量输入、跳合闸输出回路及信号回路部分。

5.3.1 通电前检验

- 检查装置的型号、各电量参数是否与订货一致；
- 检查外观是否有损坏和松动，各插件插拔接触是否可靠；
- 检查各插件中元器件是否有松动、脱落、损坏，门板 LCD 扁平电缆连接是否可靠。

5.3.2 通电检验

装置带电后不允许插拔插件。带电后：面板上运行灯均匀闪烁、其它灯均不亮；LCD 有显示(装置无故障，无通信异常报警)，经 2～3 分钟后进入屏幕保护状态。此时装置处于正常工作状态，方可按下列步骤进行检验。

- 装置遥信输入回路检验

将遥信输入端子（C_1～C_{10}）分别与＋220V 连接；遥信输入端子（C_{12}～C_{15}）分别与＋24V 连接，此时在 LCD 遥信界面上相应开入量应有变化，否则应检查开入量电路是否有问题。

- 电流刻度值检验

按端子排图所示将电流接入装置，所施加的电流值与装置的液晶显示值误差满足技术指标要求。

- 通道系数检查

输入到装置的各交流量通道系数出厂时已调配好，用户不需再调。

5.3.3 传动试验

当装置检查完毕后可与实际系统配合做传动试验，其目的检查装置与系统接线是否正确、装置工作是否正常。

5.3.4 绝缘性能检查

每台装置出厂前都做过耐压试验，在现场安装使用前建议不必再做耐压试验、应按要求测定绝缘电阻。

5.3.5 保护装置定值整定

装置经上述检验完毕后，证明保护装置是完好的，在投运前要严格按定值清单及整定原则整定，未投入的保护功能应设为退出，确认无误后打印定值存档。

5.3.6 保护装置定值校验

现场定值校验仅需检验差动保护整定的定值，固定部分的定值无需校验。校验时，控制定值 AuCtl=1（主变为 Y/Y/Y 接线）、$n_H＝n_M＝n_L＝1$（TA 变比），K＝1（原副边电压比）进行检验。

5.3.6.1 差动速断保护定值校验

只投入差动速断保护，在定值整定范围内（$I_{sdzd}=2I_e$～$14I_e$）整定差动速断动作电流。在电流端子上分别施加高压侧电流或中压侧电流或低压侧电流，电流值从小于 I_{sdzd} 缓慢增大电流使差动速断保护动作为止，记录动作时的电流值，其值与差动速断动作电流整定值（I_{sdzd}）的误差不超过±5%。然后施加 $1.5I_{sdzd}$ 的电流，测动作时间应不大于 20ms。

5.3.6.2 比率差动保护定值校验

比率差动保护主要检验启动电流（I_{cdqd}）、起始比率制动系数（K_{BL1}）、最大比率制动系数（K_{BL2}）定值及动作时间。

（1） 差动电流启动定值（I_{cdqd}）检验

因本装置的比率差动保护的动作特性采用变斜率比率制动曲线，在测试差动电流启动定值（I_{cdqd}）时与常规的比率差动保护不同。其检验方法如下：

检验时只投入比率差动保护，在定值范围内（$I_{cdqd}＝0.1I_e$～$1.5I_e$）整定“差动启动电流”。在电流端子上分别施加高压侧（Ⅰ侧）电流（I_{a1}、I_{b1}、I_{c1}），电流值从小于 I_{cdqd} 缓慢增大电流使比率差动动作为止，记录实测差动动作电流（I_{cddz}）。

根据实测的差动动作电流（I_{cddz}）和比率差动动作方程（当 $I_r<6I_e$ 时，差动动作电流边界值为 $I_d=K_{BL}\cdot I_r+I_{cdqd}$）可得实测差动启动电流（$I_{dqd}$）计算公式为：

$$\begin{cases} I_{dqd} = I_{cddz} - K_{BL} I_r = I_{cddz}(1-0.5K_{BL}) \\ K_{BL} = K_{BL1} + [(K_{BL2} - K_{BL1})/12](0.5I_{cddz}/I_e) \end{cases}$$

式中：K_{BL} —比率制动系数；

K_{BL1}—差动起始比率制动系数整定值；

K_{BL2}—差动最大比率制动系数整定值；

I_e —变压器额定电流整定值。

要求实测的差动启动电流（I_{dqd}）与比率差动启动电流定值（I_{cdqd}）的误差不超过±5%或±0.02In。

（2） 比率差动保护动作时间检验

施加差动电流为 $2I_{cddz}$（I_{cddz} 为比率差动动作电流），测动作时间不大于 30ms。

（3） 比率差动制动特性检验

比率差动保护比率制动特性采用比率制动定点测试方法，即检验比率制动特性上对应的差动动作电流误差是否符合要求，以达到综合检验差动启动电流（I_{cdqd}）、起始比率制动系数（K_{BL1}）及最大比率制动系数（K_{BL2}）的目的。为方便试验，可整定变压器变比 K＝1、四侧 TA 变比 $n_1＝n_2＝n_3＝n_4$，

使平衡系数 K_{ph}＝1。

试验时，从高压侧施加电流（$I_1\angle 0°$）、中压侧或低压侧施加电流（$I_2\angle 180°$），固定 I_2（I_2＝0.1I_e～10I_e）可使最小制动电流小于 0.5I_e、最大制动电流大于 6I_e，以保证能检验完整的变斜率制动特性;每固定一点 I_2值后改变 I_1值（I_1＞I_2）使比率差动保护刚好动作为止，根据此时的高低压侧动作电流，计算出各点实测的差动动作电流（I_{cddz}）和制动电流（I_r）。要求差动动作电流（I_{cddz}）误差不大于差动电流理论值（I_d）的±5%。差动电流理论值（I_d）的计算公式为：

$$①\begin{cases} I_r < 6I_e \\ I_d = K_{bL}\cdot I_r + I_{cdqd} \\ K_{BL} = K_{BL1} + \left[(K_{BL2} - K_{BL1})/12\right](I_r/I_e) \end{cases}$$

$$②\begin{cases} I_r \geqslant 6I_e \\ I_d = K_{bL2}(I_r - 3I_e) + 3K_{BL1}\cdot I_e + I_{cdqd} \end{cases}$$

式中：符号含义同上。

当实测的各点制动电流 I_r为：1.0I_e＜I_r＜6I_e时，设 K_{BL2}为恒定值（整定值），将 K_{BL2}、I_{cddz}、I_r 、I_e及 I_{cdqd}代入下式，可计算出实测的起始比率制动系数 K_{BL1}值。要求误差不超过±0.02。

$$K_{BL1} = \frac{12I_e(I_{cddz} - I_{cdqd}) - K_{BL2}\cdot I_r^2}{12I_e\cdot I_r - I_r^2}$$

当实测的 I_r＞6I_e时，设 K_{BL1}为恒定值（整定值），将 K_{BL1}、I_{cddz}、I_r 、I_e及 I_{cdqd}代入下式，可计算出实测的最大比率制动系数 K_{BL2}值。要求误差不超过±0.05。

$$K_{BL2} = \frac{I_{cddz} - I_{cdqd} - 3K_{BL1}\cdot I_e}{I_r - 3I_e}$$

5.3.6.3 高值比率差动保护定值检验

主要检验高值比率差动门坎值（固定为 1.2I_e）、比率制动系数（固定为 0.75）。检验比率制动特性时，逐点固定中压侧或低压侧电流 I_2＞1.2$I_e\angle 180°$,改变高压侧电流 $I_1\angle 0°$，逐点测得边界动作电流 I_1，并计算出各点实测的制动电流 I_r、差动电流 I_{cddz}要求差动电流 I_{cddz}误差不大于差动边界电流计算值 I_d(I_d＝0.75I_r)的±5%、比率制动系数误差不大于 0.75±0.05(比率制动系数＝I_{cd}/I_r)。

5.3.6.4 二次谐波制动系数检验

将二次谐波制动系数（K_{2xb}）整定在 0.1～0.3 之间，通过测试仪将二次谐波电流叠加在基波电流上。在高压侧各相分别施加基波电流和叠加的二次谐波电流，当施加的二次谐波制动比不大于整定值 K_{2xb}－0.02 时，比率差动、高值比率差动应可靠动作；当施加的二次谐波制动比不小于 K_{2xb}＋0.02 时，比率差动、高值比率差动保护应可靠制动。

5.4 运行维护

5.4.1 装置投运检查

当装置投入后应对以下项目进行检查:

- 运行灯均匀闪烁，其它告警和异常灯熄灭；

- 检查电流测量值与系统的实际电流值一致；
- 检查电流的相位关系，判别极性是否正确；
- 开入状态与实际状态一致；
- 装置网络地址正确。

5.4.2 动作信息说明

5.4.2.1 保护动作

当系统发生故障时，装置动作跳闸并上送故障报告，跳位指示灯亮，应立即通知继保人员前来处理。

装置已经在报告信息/事故报告子目录下生成了一份详细的事故记录，事故记录中的动作信息主要包括：故障类型、故障发生时刻、故障发生时的电流、差动电流及制动电流等，注意不要删除该记录。继保人员处理事故时应注意以下事项：不要立即断开装置电源或拔出插件进行检查，不要急于做模拟试验；完整记录装置提供的本次事故报告信息和信号灯动作情况；分析事故产生原因，处理好事故后，按 R 键熄灭相应保护动作信号灯。

5.4.2.2 装置异常

装置具备定时自检功能，自检包括运行定值、开出回路、采样回路等，发现异常时会上送告警报告，点亮装置异常灯。装置硬件采用模块化组装，那一个模块发生故障，一般只需更换该模块插件。当发生装置异常时，应立即通知维护人员前来处理，处理方法参见表 5－3：

表 5－3 常见装置故障及处理方法

序号	告警类型	处理办法
1	CPU 自检故障	停机更换 CPU 模块
2	RAM 自检故障	停机更换 CPU 模块
3	NVRAM 自检故障	停机更换 CPU 模块
4	FLASH 自检故障	停机更换 CPU 模块
5	出口自检故障	停机更换 CPU 模块
6	实时时钟自检故障	停机更换 CPU 模块
7	电源自检故障	停机更换 CPU 模块
8	AD 自检故障	停机更换 CPU 模块
9	I^2C 自检故障	停机更换 CPU 模块
10	时钟电池自检故障	停机更换 CPU 板电池
11	LCD 自检故障	停机更换液晶显示模块
12	定值自检故障	需要固化正确定值
13	配置自检故障	固化正确的配置定值
14	软压板错误	需要固化软压板定值
15	逻辑节点状态错误	需要下传配置文件
16	TA 断线	检查外部 TA 回路

5.4.3 运行中注意事项

- 在运行中不允许带电拔插件及触摸装置的带电部分；

- 在运行中不允许做保护传动实验等硬件测试；
- 在运行中不允许修改定值等重要运行参数操作；
- 在运行中可通过 LCD 显示观察输入量的数值；
- 为了对事故的分析，在运行中应记录系统及保护的运行状态。

6 贮存保修

6.1 贮存条件

产品应保存在环境温度为-25℃～70℃，相对湿度不大于 80％，周围不含有碱性、酸性或其他腐蚀性及爆炸性气体的防雨防雪的室内。

6.2 保修条件

在用户完全遵守说明书规定的贮存、安装和使用的条件下，产品出厂之日起 2 年内如发生产品损坏，制造厂负责更新或修理。

7 供应成套性

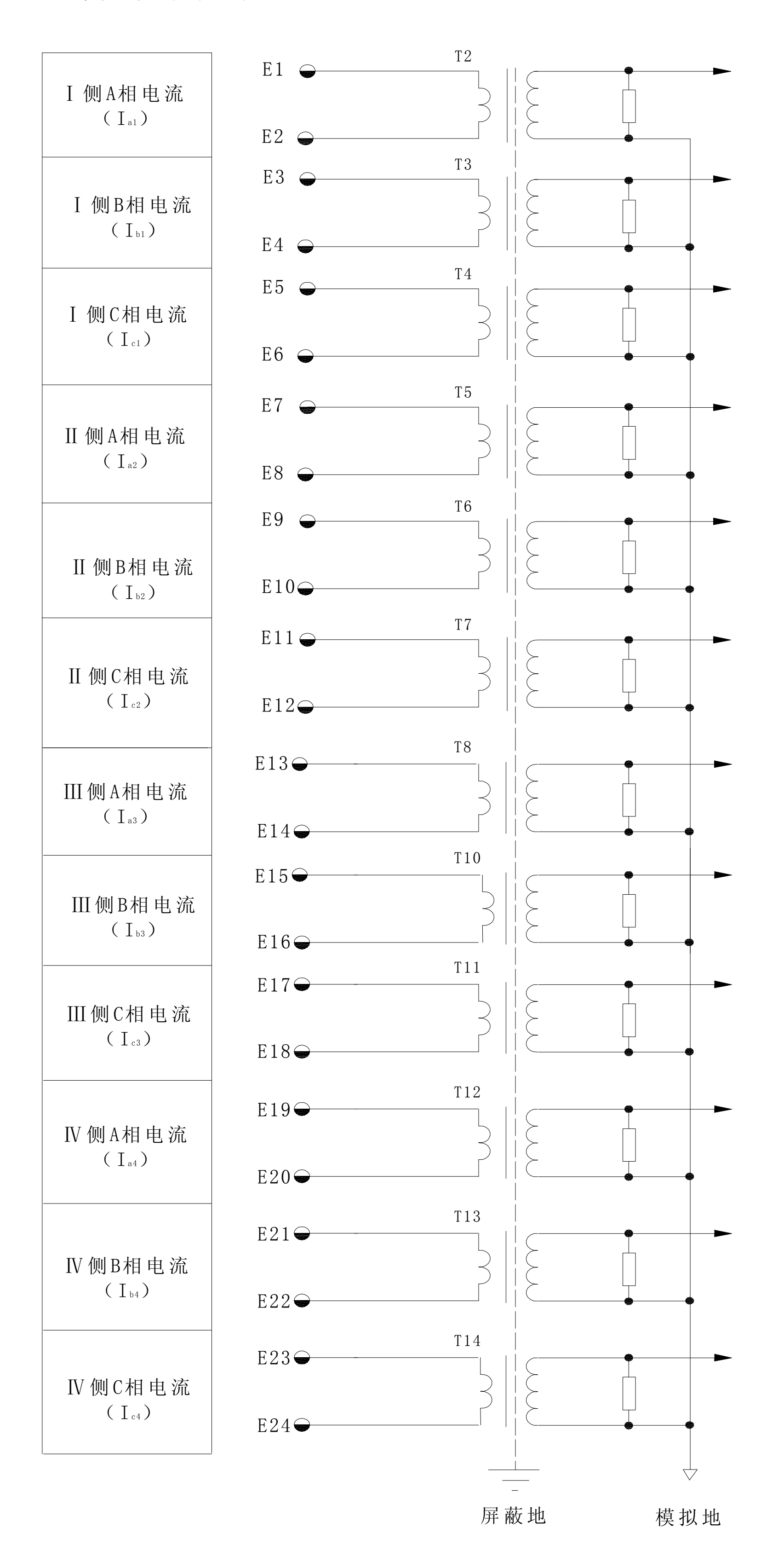
随产品供应的文件：产品合格证或产品检验证明书一份。

8 订货须知

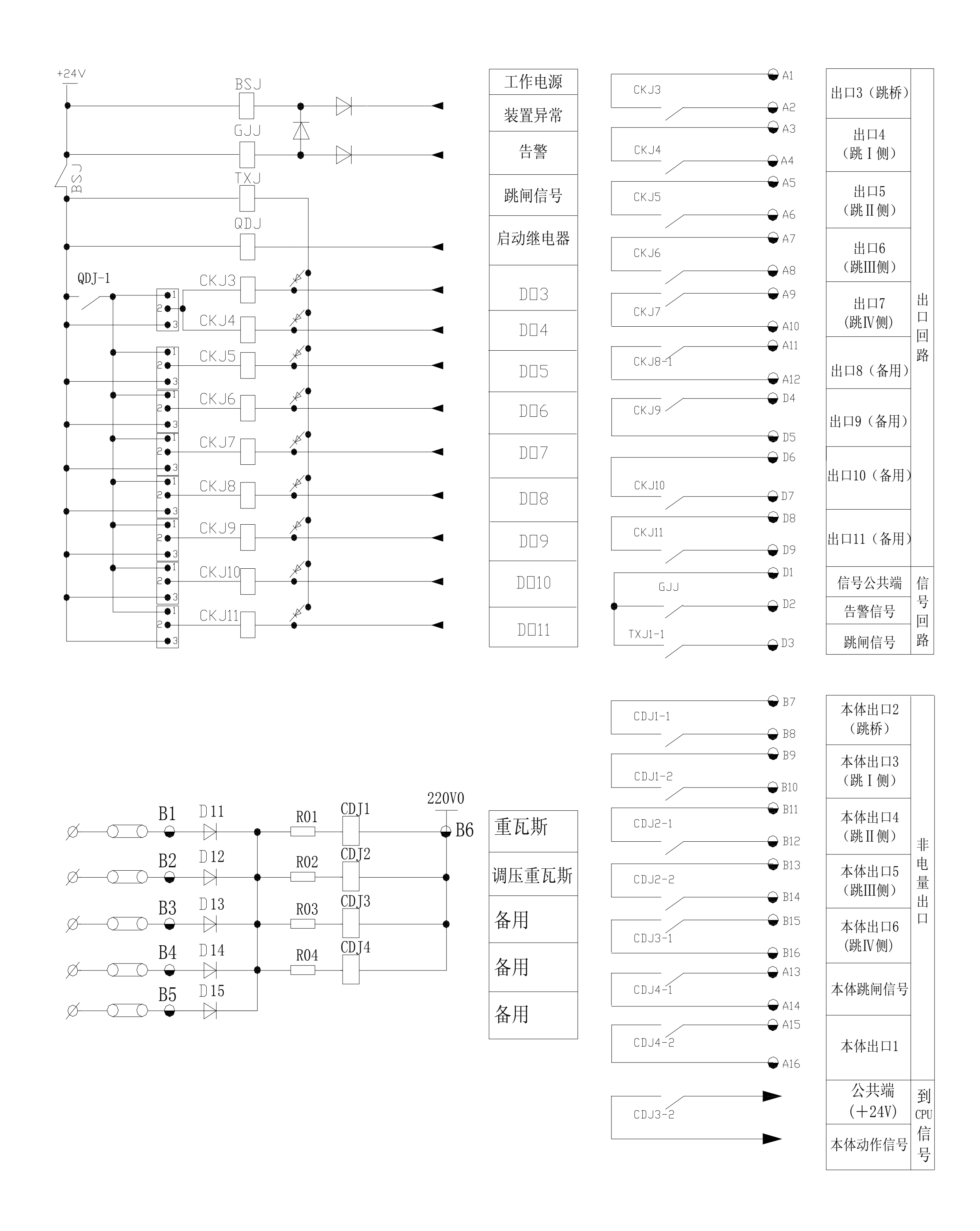
- 产品型号、名称；
- 直流电压额定值；
- 交流电流和频率额定值；
- 特殊的功能及技术要求；
- 订货数量；
- 收货地址。

9　附图

附图1　　DSI 5121交流回路原理图



附图2　DSI 5121出口及本体回路原理图



附图3 DSI 5121端子图

A

	出口3（跳桥）	1
		2
	出口4（跳 I 侧）	3
		4
	出口5（跳 II 侧）	5
		6
	出口6（跳 III侧）	7
		8
	出口7（跳 IV侧）	9
		10
	出口8（备用）	11
		12
	本体跳闸信号	13
		14
	本体出口1	15
		16

以太网

网络接口1
网络接口2

C

开入(220V)	信号复归开入	1
	遥信2	2
	重瓦斯开入	3
	调压重瓦斯开入	4
	轻瓦斯开入	5
	调压轻瓦斯开入	6
	油温过高开入	7
	压力释放开入	8
	冷却器失电开入	9
	油位异常开入	10
	公共端(220 V0)	11
开入(24V)	遥信11	12
	遥信12	13
	投差动保护	14
	时钟同步开入	15
	24V0	16

E

I_{a1}	1	2	I'_{a1}
I_{b1}	3	4	I'_{b1}
I_{c1}	5	6	I'_{c1}
I_{a2}	7	8	I'_{a2}
I_{b2}	9	10	I'_{b2}
I_{c2}	11	12	I'_{c2}
I_{a3}	13	14	I'_{a3}
I_{b3}	15	16	I'_{b3}
I_{c3}	17	18	I'_{c3}
I_{a4}	19	20	I'_{a4}
I_{b4}	21	22	I'_{b4}
I_{c4}	23	24	I'_{c4}

B

本体跳闸输入	重瓦斯	1
	调压重瓦斯	2
	备用	3
	备用	4
	备用	5
	公共端(220 V0)	6
	本体出口2（跳桥）	7
		8
	本体出口3（跳 I 侧）	9
		10
	本体出口4（跳 II 侧）	11
		12
	本体出口5（跳III侧）	13
		14
	本体出口6（跳IV侧）	15
		16

D

	信号公共端	1
	告警信号	2
	保护跳闸信号	3
	出口9（备用）	4
		5
	出口10（备用）	6
		7
	出口11（备用）	8
		9
遥信24V	+24V	10
	24V 0	11
	电源失电告警	12
		13
装置电源	+220V	14
		15
	-220V	16



北京天能继保电力科技有限公司
BEIJING SKYPOWER ELECTRIC TECHNOLOGY CO., LTD.

北京总部(研发营销中心)

地址：北京市海淀区上地四街1号院5号楼5层

电话：010-62968699 62967993 62967995

传真：010-62967965 82780776

E-mail: mlnr@263.net

保定生产基地

保定市朝阳北大街2238号高科产业园一号厂房

电话：0312-3259958

传真：0312-3195918

工程服务部电话：0312-3195905

www.mlnr.cn